



GeoRS

Geopedology and Landscape Development
Research Series

VOLUME 01

Raab, T., Raab, A., Gerwin, W., Schopper, F. & Dähnert D. (Hrsg.)

Landschaftswandel - *Landscape Change*



Brandenburg
University of Technology
Cottbus



This study is a contribution to the Virtual Institute of Integrated Climate and Landscape Evolution Analysis -ICLEA- of the Helmholtz Association.

This series is edited by

Prof. Dr. Thomas Raab

© 2013 Chair of Geopedology and Landscape Development

Brandenburg University of Technology Cottbus

Konrad-Wachsmann-Allee 6

03046 Cottbus

Germany

ISSN 2196 - 4122

www.tu-cottbus.de/geopedologie

Geopedology and Landscape Development
Research Series
GeoRS
VOLUME 01

LANDSCHAFTSWANDEL - *LANDSCAPE CHANGE*

Raab, T., Raab, A., Gerwin, W., Schopper, F. (Hrsg.)

Inhalt

Die Lausitz - Landschaft im Wandel

Doris Wüstenhagen, Detlev Dähnert & Gerald Kendzia 1

Zur Entwicklung der Waldbedeckung von Brandenburg und Berlin in der Nach- eiszeit - Eine erste Auswertung anhand ausgewählter Pollendiagramme

Susanne Jahns 9

Forschungspotenzial der Braunkohlenarchäologie zu Besiedelung, Landnutzung, Landschaftsentwicklung und Klimawandel

Eberhard Bönisch 25

Anthropogener Einfluss auf die Landschaft im Kelheimer Raum - Neolithisches Bergwerk und bronzezeitliche Siedlung

Michael M. Rind 69

Geomorphological and geoarchaeological landscape changes at the coasts of wes- tern Turkey during the Holocene

Helmut Brückner, Ralf Urz & Martin Seeliger 81

Adressen 105

Vorwort

Die Veränderung von Landschaften ist geprägt durch Interaktionen von natürlichen und anthropogenen Prozessen. Trotz jahrzehntelanger Forschung ist unser Kenntnisstand dieses Prozess-Wirkungsgefüges unzureichend, da Landschaften einerseits extrem komplex sind und andererseits auch anthropogene Prozesse einem stetigen Wandel unterliegen. Waren zum Beispiel bis in die Neuzeit hinein Holz und die daraus produzierte Holzkohle unsere primären Energieträger, so hat mit der einsetzenden Industrialisierung und der Nutzung von Stein- und Braunkohle ein deutlicher Umbau unserer Wälder stattgefunden. Nutzungswandel bedeutet daher auch immer Landschaftswandel und die kulturell-technologische Entwicklung des Menschen ist die stetige Triebfeder dieser interagierenden Prozesse.

An der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus konnte in den letzten Jahren ein neuer Forschungsschwerpunkt zum Thema Landschaftsentwicklung aufgebaut werden. Nukleus dieses Schwerpunkts sind der Lehrstuhl für Geopedologie und Landschaftsentwicklung (LSGL) sowie das Forschungszentrum für Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften (FZLB). In enger Kooperation mit dem Brandenburgischen Landesamt für Denkmalpflege und Archäologischem Landesmuseum (BLDAM) und dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) untersuchen Geo- und Umweltwissenschaftler der BTU den anthropogen bedingten Wandel von Landschaften. Unterstützt durch die Vattenfall Europe Mining AG (VEM) werden die großdimensionierten Aufschlüsse in den Braunkohletagebauen der Lausitz genutzt, um die Relief- und Bodenentwicklung sowie die Landnutzungsgeschichte zu rekonstruieren. Diese Forschungen sind Teil des im Jahr 2012 mit Mitteln der Helmholtz-Gemeinschaft eingerichteten Virtuellen Instituts ICLEA (*Virtual Institute of Integrated Climate and Landscape Evolution Analyses* / Virtuelles Institut zur Integrierten Klima- und Landschaftsentwicklungsanalyse), in dem Forschungskapazitäten und Expertise des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ), der Ernst Moritz Arndt Universität Greifswald (UG), der Polnischen Akademie der Wissenschaften (PAN) sowie der BTU gebündelt werden, um die Klimadynamik und Landschaftsentwicklung von Kulturlandschaften im nördlichen Mitteleuropäischen Tiefland seit der letzten Eiszeit besser verstehen zu können. Die langfristige Aufgabe von ICLEA ist die Bereitstellung einer substantiellen Datengrundlage für ein nachhaltiges Umweltmanagement auf der Basis eines fundierten Prozessverständnisses (www.iclea.de).

Unter dem Motto „Landschaftswandel – *Landscape Change*“ haben der LSGL, das FZLB, das BLDAM, und die VEM im Juni 2009 ein gemeinsames Symposium an der BTU Cottbus organisiert und ausgerichtet. Um dem wachsenden wissenschaftlichen, politischen und

gesellschaftlichen Interesse an dieser Thematik Rechnung zu tragen, sind in diesem Band ausgewählte Beiträge von Referenten des Symposiums veröffentlicht. Die Beiträge zeigen die Breite der am Thema „Landschaftswandel – *Landscape Change*“ beteiligten Disziplinen, Akteure und Regionen: vom Bergbaubetreiber über die Botanik zur Archäologie und der Physischen Geographie, von der Lausitz über Bayern bis nach Griechenland.

Als Herausgeber der neuen Reihe „Geopedology and Landsape Development Research Series – GeoRS“ freue ich mich sehr, dass nun mit dem ersten Band „Landschaftswandel – *Landscape Change*“ die Beiträge des gleichnamigen Symposiums aufbereitet wurden und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden können. Ich danke allen Autorinnen und Autoren für die Zeit und Mühe, die sie trotz anderweitiger Belastung aufgebracht haben.

Cottbus, April 2013

Prof. Dr. Thomas Raab

Die Lausitz - Landschaft im Wandel

D. Wüstenhagen, D. Dähnert, G. Kendzia

Einleitung

Der Bergbau hat in der Lausitz seit Generationen Tradition und ist als Industrielandschaft Teil der regionalen Kultur. Die Lausitz – das ist ein Landstrich zwischen der Elbe und der Neiße, der von überwiegend eiszeitlichen Sandböden geprägt ist. Bei einem Blick über die Oberfläche findet man die Heide- und Waldlandschaft vorherrschend ohne nennenswerte Abwechslungen mit Besonderheiten sowie Erhebungen. Drei große Förderräume für Braunkohle, zwei in Brandenburg und einer in Sachsen, lenken hingegen den Blick unter die Rasensohle, in bis zu 120 Meter Tiefe. Hier schlängeln sich Flözhorizonte wie Bänder durch das Erdreich. Entstanden sind diese im Tertiär vor ungefähr 17 Millionen Jahren.

Vier Flözkomplexe charakterisieren die Lagerstätten in der Lausitz. Nicht jeder ist gleichmäßig ausgebildet und nicht in jedem Fall rentiert sich ein wirtschaftlicher Abbau. Aufgrund der unterschiedlichen lokalen Verbreitung und der variierenden Ausbildung konzentriert sich der gegenwärtige Abbau von Braunkohle in den Tagebauen Jämschwalde, Cottbus-Nord, Welzow-Süd, Nochten und Reichwalde vorwiegend auf das 2. Lausitzer Flöz.

Die Lausitzer Braunkohle wird überwiegend für die Stromerzeugung in Kraftwerken eingesetzt. Ein Teil der in den brandenburgischen und sächsischen Tagebauen geförderten Rohbraunkohle wird darüber hinaus zu hochwertigen Brennstoffen wie Briketts, Braunkohlenstaub oder Wirbelschichtbraunkohle veredelt.

Strategie des Bergbauunternehmens ist es, im Einvernehmen zum Abbauprozess die Spuren durch die technologisch bedingte Landnutzung zeitnah zu beseitigen. Die Dynamik der Landschaftsveränderungen erfordert klare gesellschaftliche und wirtschaftliche Vorstellungen der Folgenutzung. Die Ressourcengewinnung setzt die Schaffung neuer nachhaltiger Ressourcen voraus. Dieser Prozess wird in seiner Gesamtheit von Neuem und Gewohntem durch den Bergbau begleitet.

Das Leitbild für die neue Lausitz – die Landschaft nach dem Bergbau erfordert heute, die Suche nach der Balance zwischen den Ansprüchen vieler Akteure. In der öffentlichen Wahrnehmung dient das Erscheinungsbild einer gewandelten Landschaft als Gradmesser. Die

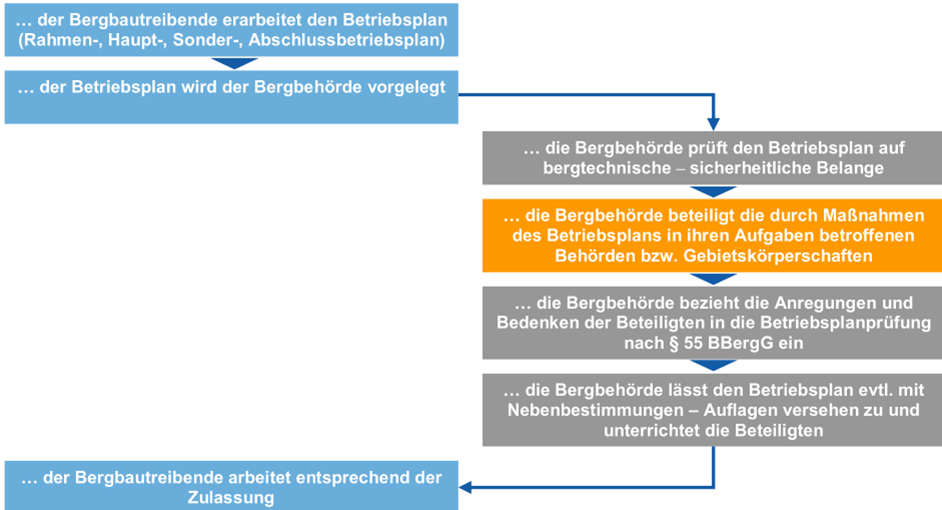
groben Grundzüge der Bergbaufolgelandschaft sind Bestandteil des Genehmigungsprozesses. Der Ausgleich und Ersatz für die Landinanspruchnahme erfolgt bei der Neugestaltung der Landschaft. Berücksichtigung bei der Detailplanung finden die Anforderungen aus den Genehmigungsunterlagen für die Braunkohlengewinnung im Lausitzer Revier.

Bergbauplanung

An das Braunkohleplanverfahren schließen sich zahlreiche bergrechtliche Zulassungsverfahren für Rahmenbetriebspläne, Hauptbetriebspläne oder Sonderbetriebspläne an. Die Wiedernutzbarmachung der durch den Tagebau beanspruchten Flächen schreibt das Bundesberggesetz vom 13.08.1980 vor. Dadurch ist die ordnungsgemäße Landschaftsgestaltung nach Einstellung des Bergwerksbetriebes gesetzlich verankert. „Ziel der Rekultivierung ist es, neue nutzbare Kulturlandschaften zu schaffen sowohl für die Forst- und Landwirtschaft als auch für den Naturschutz, Freizeit und Erholung“.

Der Braunkohlenplan wird auf der Grundlage des Landesplanungsgesetzes vom Braunkohlenausschuss für jeden Tagebau beschlossen und von der Landesregierung genehmigt und enthält u. a. Grundzüge der Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung.

Ablauf eines Betriebsplanverfahrens

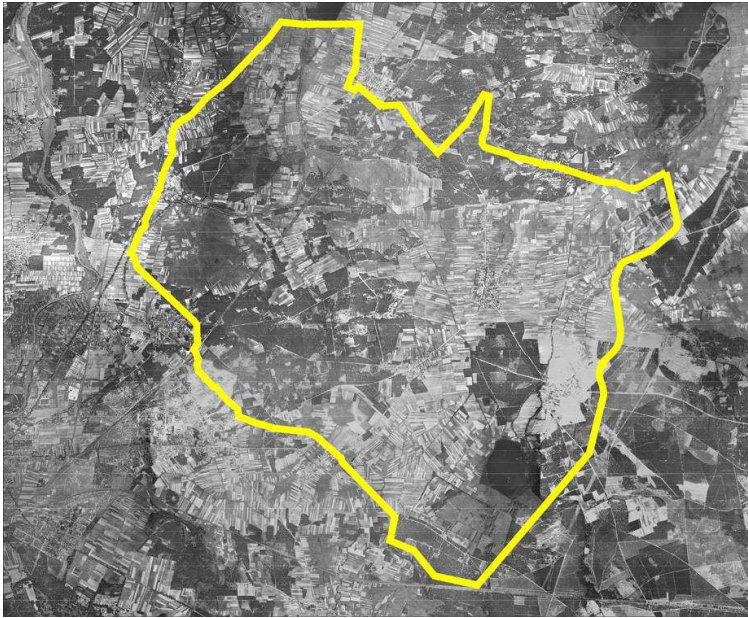


Herausforderungen zum neuen Landschaftsbild

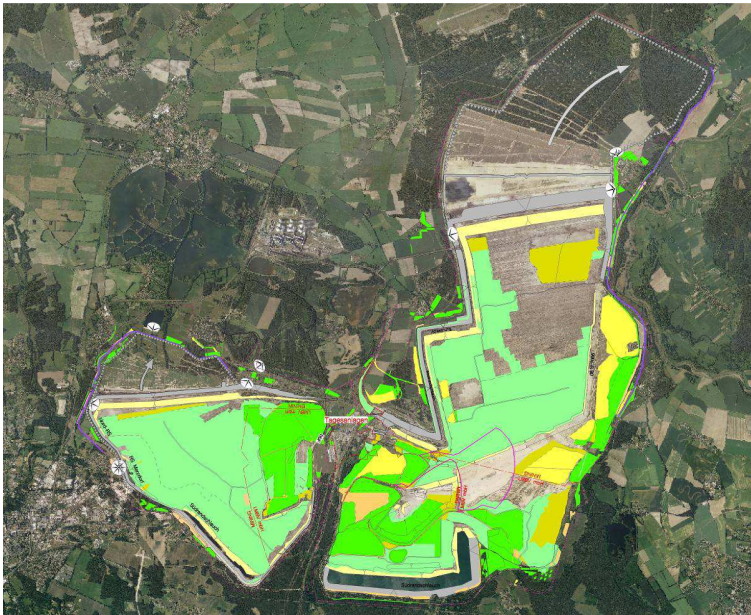
Das Rekultivieren gehört zum Bergbau wie die Braunkohle zur Lausitz. Die heutige Herausforderung ist die Steuerung der technologischen Lösung mit den Impulsen zu gestalterischen Ansätzen, ökonomischen Nutzen und nachhaltigem ökologischen Wert. Die Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft benötigt Wissen und Zeit. Es ist erforderlich vor dem Eingriff umfassende Landschaftsanalysen und -bewertungen in den genehmigten Abbau-feldern zu erarbeiten. Nur so kann man den Landschaftswandel mit

- regional traditionellen und neuartigen Elementen
- zeitnahen erlebbaren Projekten wie z. B. die Renaturierung Spreeaue
- langfristigen Entwicklungsräumen (Waldumbauprogramm, Generhaltung)
- Mitbenutzung von Flächen neben dem aktiven Prozess, wie dem Motorsport
- Erschließung und Einbindung ins öffentliche Rad- und Wandernetz
- Beteiligung der Öffentlichkeit
- Beteiligung der Folgenutzer am Gestaltungsprozess
- Touristischen Meilensteinen
- Trittsteinen wie z.B. Gemeinde am Tagebaurand
- Entwicklung neuer Landnutzungssysteme
- Vernetzung von Tagebaurand und Folgelandschaft

vereinbaren und ausgestalten. Damit kann der Bergbau bereits während seiner aktiven Gewinnungszeit erlebbar gestaltet werden. Oft ist die Nahtstelle zwischen bergmännischer Tätigkeit und den gewachsenen Bereichen nicht mehr zu orten. Die Naturschutzgesetzgebung verpflichtet das Unternehmen nicht nur die Eingriffe in Natur und Landschaft auf das unvermeidbare Maß zu beschränken, sondern es sind auch die Folgen dieser Eingriffe schnell, wirksam und nachhaltig auszugleichen. Lange bevor in einem Tagebau die Kohleförderung beginnt, sind die Grundzüge der Landschaft nach dem Bergbau skizziert und fester Bestandteil der Genehmigungsplanung. Über Jahrzehnte begleitet dieses Dokument die Bergleute. Diese bieten die Vorraussetzung zur Flächenabnahme sowie zur Entlassung aus der Bergaufsicht.



Abbaufeld Tagebau Cottbus-Nord - Luftbild von 1953.



Übersichtskarte Förderraum Jänschwalde/Cottbus-Nord - Stand 2010.

Schaffung nachhaltiger Ressourcen

Auch künftig soll in der Lausitz eine nachhaltige ertragssichere **landwirtschaftliche Nutzung** im ländlichen Raum möglich sein. Etwa ein Zehntel der gesamten Bergbaufolgelandschaft wird für regionale Landwirte als Ertragsgrundlage wiederhergestellt. Ziel der landwirtschaftlichen Rekultivierung ist es, auf Grundlage einer wissenschaftlich entwickelten siebenjährigen Rotationsfruchtfolge Bodenbildungsprozesse zu fördern. Angestrebt wird die Qualität der Ausgangssituation, dazu haben die Tagebaue Jänschwalde und Welzow-Süd gute Chancen.

Die nachbergbauliche Flächenbilanz weist mehr als die Hälfte der Bergbaufolgelandschaft als **forstliche Nutzflächen** aus. Die Rekultivierungsstrategie ist in Übereinstimmung mit dem Brandenburger Waldumbauprogramm ausgerichtet, um einen artenreichen standortgerechten Mischwald aufzubauen. Bei der Entwicklung der Forstkulturenpläne werden dem natürlichen Waldbild entsprechende einheimische Baum- und Straucharten ausgewählt. Erst mit Feststellung der gesicherten Kultur durch die Forstbehörde werden die Flächen für die Folgenutzung verfügbar. Die unterschiedlichen Waldfunktionen, wie Wirtschaft, Naturschutz und Tourismus sind integrativer Bestandteil.

Nachwachsende Rohstoffe sind schon heute nicht mehr aus der Energiewirtschaft und Industrie wegzudenken. Zugleich gehört ihnen die Zukunft. Sie bieten in vielen Bereichen interessante Alternativen zu fossilen Rohstoffen.

Die weitere Entwicklung bei der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wird maßgeblich von den Ergebnissen der Forschung bestimmt. Um Entwicklungen am Markt auszurichten und diese schneller in die Praxis zu bringen ist auf eine enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft Voraussetzung. Sicherzustellen ist dabei, dass nachwachsende Rohstoffe verwendet werden, die weder in Konkurrenz mit Nahrungsmitteln stehen noch der Umwelt schaden.



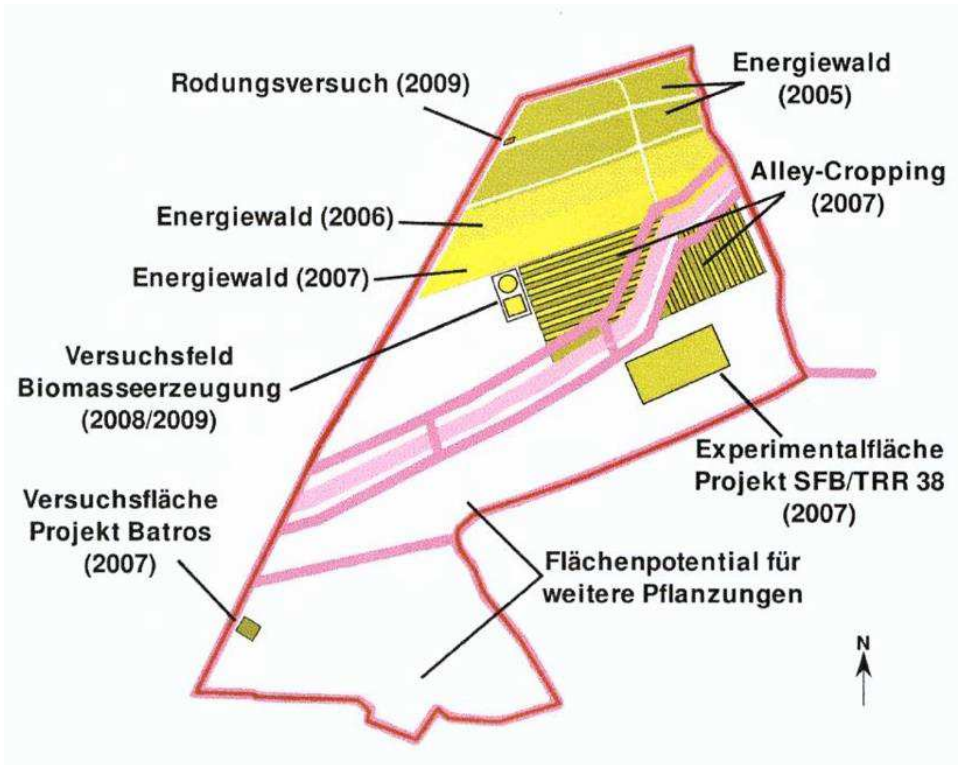
Tagebau Jänschwalde - „Landwirtschaft“ mit und für die regionalen Bauern.



Tagebau Nochten - Aufforstung.

Unser Beitrag zur Überführung der Ergebnisse aus den Versuchsfeldern ist der Energiewald Welzow-Süd. Mit einer Größe von 170 ha lassen sich verschiedene Verfahren in die Praxis überführen. Die Frage zur Rentabilität ist für die Landwirte ein Baustein zur Existenzsicherung. Zum Einsatz wurde die Baumart Robinie gebracht. Als problematisch werden immer noch die Beerntung und die weitere Nutzung nach der Holzproduktion gesehen.

Die Schaffung von Wiedererkennungswerten in der Folgelandschaft Welzow-Süd führte über historische Elemente, wie Weinbergmauer und Weinberge zur lokalen Weinbergtradition. Verknüpft mit dem Bemühen verschiedener Akteure, den Weinbau in Brandenburg zu revitalisieren förderte die Idee des Weinanbaues in der Bergbaufolgelandschaft. Neben rechtlichen Belangen waren für die Planung einer rentablen Anlage die Standorteigenschaften (Bodenart, Relief, Exposition) zu berücksichtigen. Die Herstellung der Weinbaufläche bedarf einer angemessenen Betriebsgröße und zukunftsfähiger Vermarktungskonzepte. Für die langfristige Entwicklung des Terroirs sind Sortenwahl und die Gestaltung der Bodeneigenschaften auf die klimatischen Bedingungen sowie auf die Bewirtschaftungsstrategie und Kelterung abzustimmen. Ob die Etablierung des 6 ha großen „Weinhang - Wolkenberg“ alle Anforderungen erfüllt, wird sich erst nach der Entwicklung der Junganlage und der Lese im Jahr 2014 zeigen.



Tagebau Welzow - Süd Stand Energiewald 2010.



Neue Landnutzung - Weinbau in der Bergbaufolgelandschaft Welzow-Süd.

Mit dem Blick auf alle Reviere, könnten sich weitere Beispiele, u. a. Renaturierungsprojekte, wasserbauliche sowie Erschließungsmaßnahmen oder touristischen Elemente anfügen. Sobald der Bergmann einen geotechnisch sicheren Kippenkörper geschüttet hat, wird kulturfreundliches Material mit dem Absetzer aufgetragen und der Rekultivierungsprozess kann beginnen. Zeitnah werden die Flächen für die Folgenutzung vorbereitet. Die Landschaft ist das Spiegelbild der Ansprüche aller Akteure und erfährt Akzeptanz, wenn sie von den Menschen wieder angenommen wird.



Tagebau Nochten - Findlingspark 2010.

Zur Entwicklung der Waldbedeckung von Brandenburg und Berlin in der Nacheiszeit - Eine erste Auswertung anhand ausgewählter Pollendiagramme

S. Jahns

Einleitung

Seit einigen Jahrzehnten wird in den Ländern Brandenburg und Berlin Forschung zur nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte betrieben. In Berlin lag bis 2008 ein Schwerpunkt dieses Faches am Institut für Ökologie der Technischen Universität. In Brandenburg war die historische Botanik viele Jahre am Institut für Forstwissenschaften in Eberswalde angesiedelt. Ein weiterer Ansatzpunkt für palynologische Forschungen zur Nacheiszeit in Brandenburg lag und liegt bei archäologischen Institutionen, zum einen bei der Akademie der Wissenschaften der DDR und in den 1990iger Jahren bei der Römisch-Germanischen Kommission, zum anderen beim Museum für Ur- und Frühgeschichte Potsdam, heute das Brandenburgische Landesamt für Denkmalpflege und Archäologische Landesmuseum in Wünsdorf. Das Ziel der vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Archäologie ist die Rekonstruktion der naturräumlichen Gegebenheiten, des Verlaufes des Siedlungsgeschehens und der natürlichen Ressourcen eines Gebietes.

Die Untersuchungspunkte

In die hier vorgestellte Auswertung wurde eine Auswahl von vierzehn Pollendiagrammen einbezogen, die in näherer Zeit erweitert werden soll (Abb. 1). Elf der Diagramme stammen von Lokalitäten innerhalb des Jungmoränengebietes der Weichselvereisung, drei aus dem

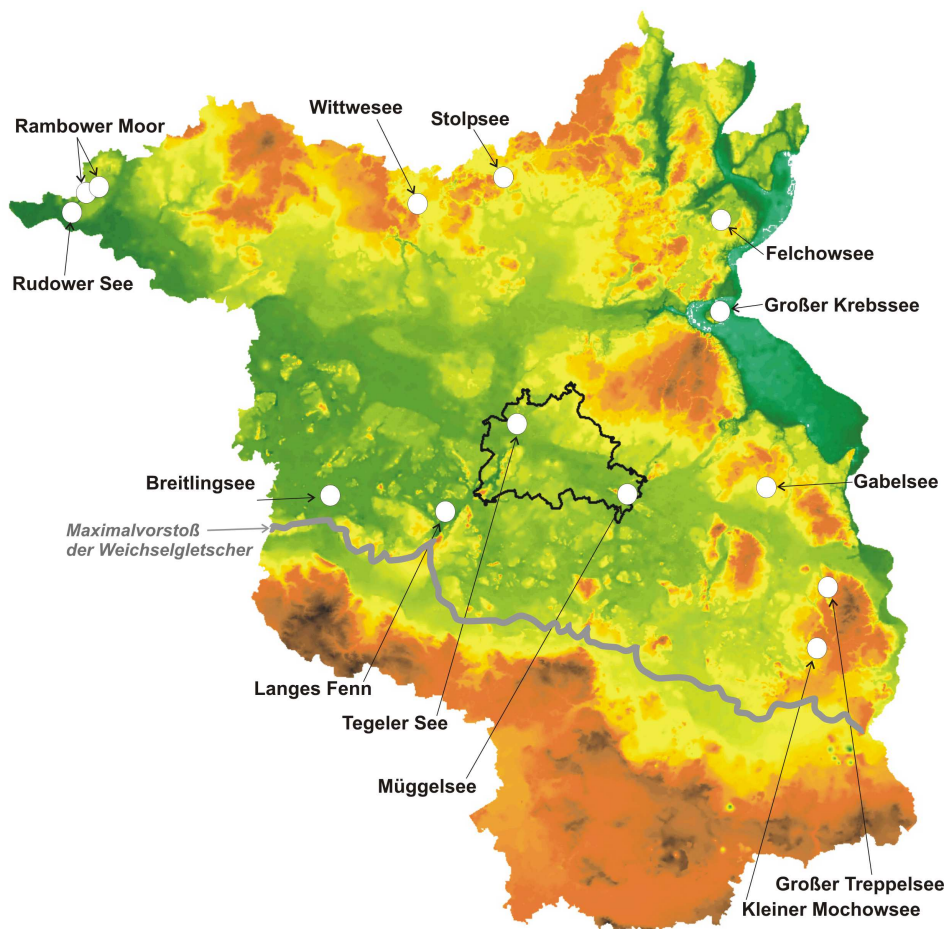


Abbildung 1: Übersicht der vorgestellten Untersuchungspunkte in Brandenburg und Berlin.

westlichen Altmoränengebiet der Saalevereisung. Anhand verschiedener Kriterien lassen sie sich zu Gruppen zusammenfassen, die den Verlauf der Vegetationsgeschichte von fünf Gebieten in Brandenburg darstellen: A) südöstliches Brandenburg, B) mittelbrandenburgische Niederungsgebiete, C) nordöstliches Brandenburg, D) nördliches Brandenburg, E) untere Mittelelbe-Niederung der westlichen Prignitz (Abb. 2). Mit dieser Auswahl soll nur ein erster Eindruck gegeben werden, der auch die noch bestehenden Lücken im Netz der pollenanalytischen Untersuchungen verdeutlicht. Nur eine große Anzahl pollenanalytischer Untersuchungen kann die Vegetationsgeschichte eines so großen und landschaftlich vielgestaltigen Gebiets erfassen.

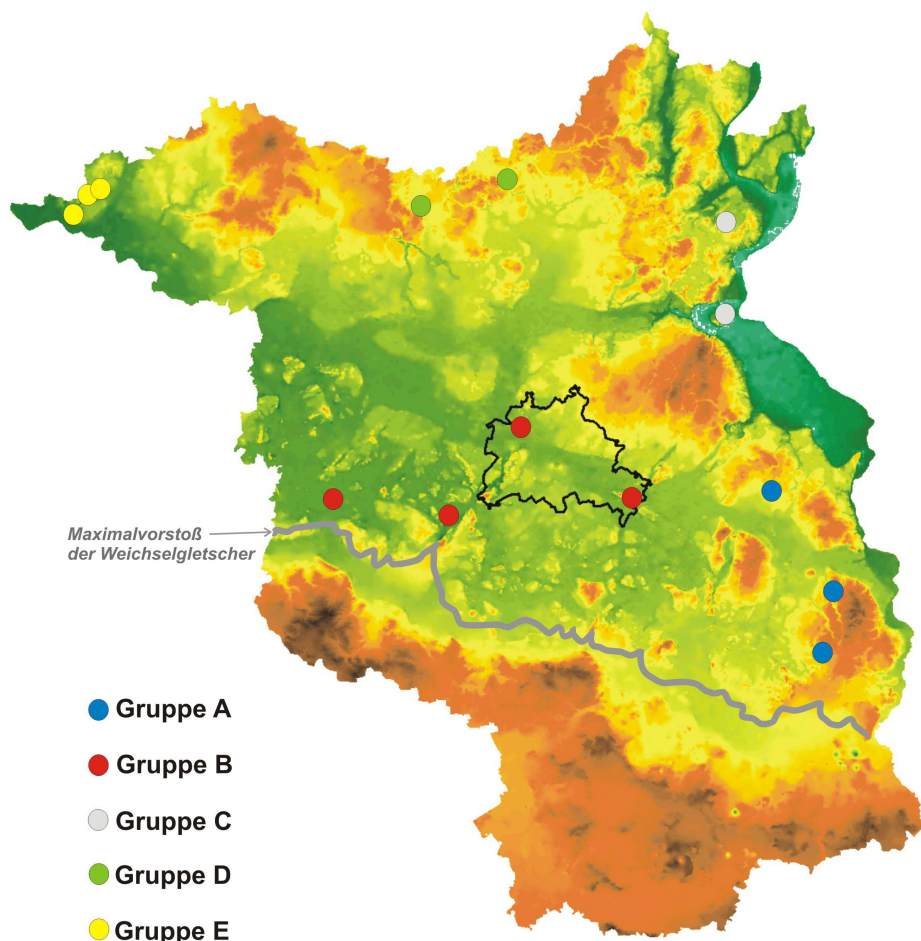


Abbildung 2: Gruppierung der Pollendiagramme.

(A) Südöstliches Brandenburg

- Kleiner Mochowsee, Schwielloch-Rinnensystem (Jahns 1999, Abb. 3)
- Großer Treppensee, Schlaubetal (Giesecke 2000)
- Gabelsee, Lebuser Platte (Jahns & Münch 2008)

Der Kleine Mochowsee und der Große Treppensee liegen im östlichsten Bereich des Ostbrandenburgischen Heide- und Seengebietes im Bereich des Brandenburgischen Stadiums der Weichselvereisung (s. Scholz 1962). Den geologischen Aufbau charakterisieren jungpleistozäne Geschiebelehme und -sande sowie glaziofluviatile Sande und Kiese. Entsprechend herrschen teilweise lehmige Sandböden vor. In den Niederungs-

gebieten befinden sich spätglaziale Dünensande und holozäne humose Bildungen. Die Gegend liegt im Bereich des ostdeutschen Binnenklimas, mit einer Jahressumme der Niederschläge von 510-610 mm. Der Gabelsee liegt auf der Lebuser Platte, im Übergangsbereich vom Frankfurter zum Brandenburger Stadium der Weichselvereisung. Auch hier findet man vorwiegend Sand und lehmige Sandböden. Klimatisch liegt das Gebiet im mecklenburgisch-brandenburgischen Übergangsbereich mit einer jährlichen Niederschlagssumme zwischen 490-590 mm.

(B) Mittelbrandenburgische Niederungsgebiete

- Tegeler See (Brande 1996)
- Müggelsee (Herzschuh 1999)
- Langes Fenn (Wolters 1999)
- Breitlingsee (Jahns 2009, Abb. 4)

Der Tegeler See und der Müggelsee liegen im Berliner Urstromtal, der Tegeler See am Ausfluss des Tegeler Fließes in die Havelniederung, der Müggelsee in der Berlin-Fürstenwalder Spreetalniederung. Das Lange Fenn und der Breitlingsee sind Teil des Brandenburger-Potsdamer Havelgebietes. Alle vier Lokalitäten liegen in Niederungsgebieten des Brandenburgischen Stadiums der Weichselvereisung mit Talsandflächen und Flachmooren, die durch einen hohen Grundwasserspiegel gekennzeichnet sind. Charakteristische Bodentypen sind organische und mineralische Naßböden. Das Gebiet liegt im Bereich des ostdeutschen Binnenlandklimas mit stark schwankendem Jahresniederschlag zwischen 500-590 mm.

(C) Nordöstliches Brandenburg

- Großer Krebssee, Neuenhagener Oderinsel (Jahns 2000, Abb. 5)
- Felchowsee, südöstlicher Teil des Uckermarker Hügellandes (Jahns 2000)

Die Neuenhagener Oderinsel liegt im Bereich der beiden letzten großen Stadien der Weichselvereisung, des Frankfurter und des Pommerschen Stadiums. Sie besteht im Wesentlichen aus Talsandstreifen und -terrassen, im zentralen Bereich aus Sand und Geschiebelehm mit Lehm- und Sandböden geringer Güte. Als Teil des nördlichen Odertals liegt das Gebiet im Bereich des mecklenburgisch-brandenburgischen Übergangsklimas mit stark schwankenden jährlichen Niederschlagssummen von 470-550 mm.

Der Felchowsee liegt im Endmoränenbereich der Angermünder Staffel des Pommerschen Stadiums. Die Landschaft besteht aus flachwelligen Grundmoränenplatten mit lehmigen bis lehmig-sandigen Böden. Die mittlere Summe des Jahresniederschlags liegt bei 500-575 mm.

(D) Nördliches Brandenburg

- Stolpsee (Jahns 2008, Abb. 6), Mecklenburgische Seenplatte
- Wittweese (unveröffentlicht), Mecklenburgische Seenplatte

Der Stolpsee und der Wittweese liegen im Südteil der Mecklenburgischen Seenplatte, innerhalb des Neustrelitzer Kleinseenlandes, zwischen der Frankfurter Staffel im Süden und der Pommerschen Eisrandlage im Norden des Landes. Auch dort herrschen sandige Böden vor. Das Gebiet liegt im Wirkungsbereich des mecklenburgisch-brandenburgischen Übergangsklimas, mit vergleichsweise hohen Niederschlägen mit einer Jahresniederschlagssumme über 650 mm.

(E) Untere Mittelbe-Niederung der westlichen Prignitz

- Rambower Moor (Kirleis 1998, Christiansen 2008)
- Rudower See (Beug et al. im Druck, Abb. 7)

Die Mittelbe-Niederung liegt im Periglazialbereich der Weichselkaltzeit. Die Landschaft der Prignitz ist von Grundmoränenplatten der Saalekaltzeit und Sanderflächen geprägt. In ihrem Bereich herrschen lehmige Böden mittlerer Güte vor. In der Elbniederung findet man schlickbedeckte Auen und Talsandflächen. Klimageographisch liegt die Prignitz im Übergangsbereich von einem subkontinental zu einem subatlantisch getönten Klima mit ca. 617 mm Jahresniederschlag.

Kleiner Mochowsee

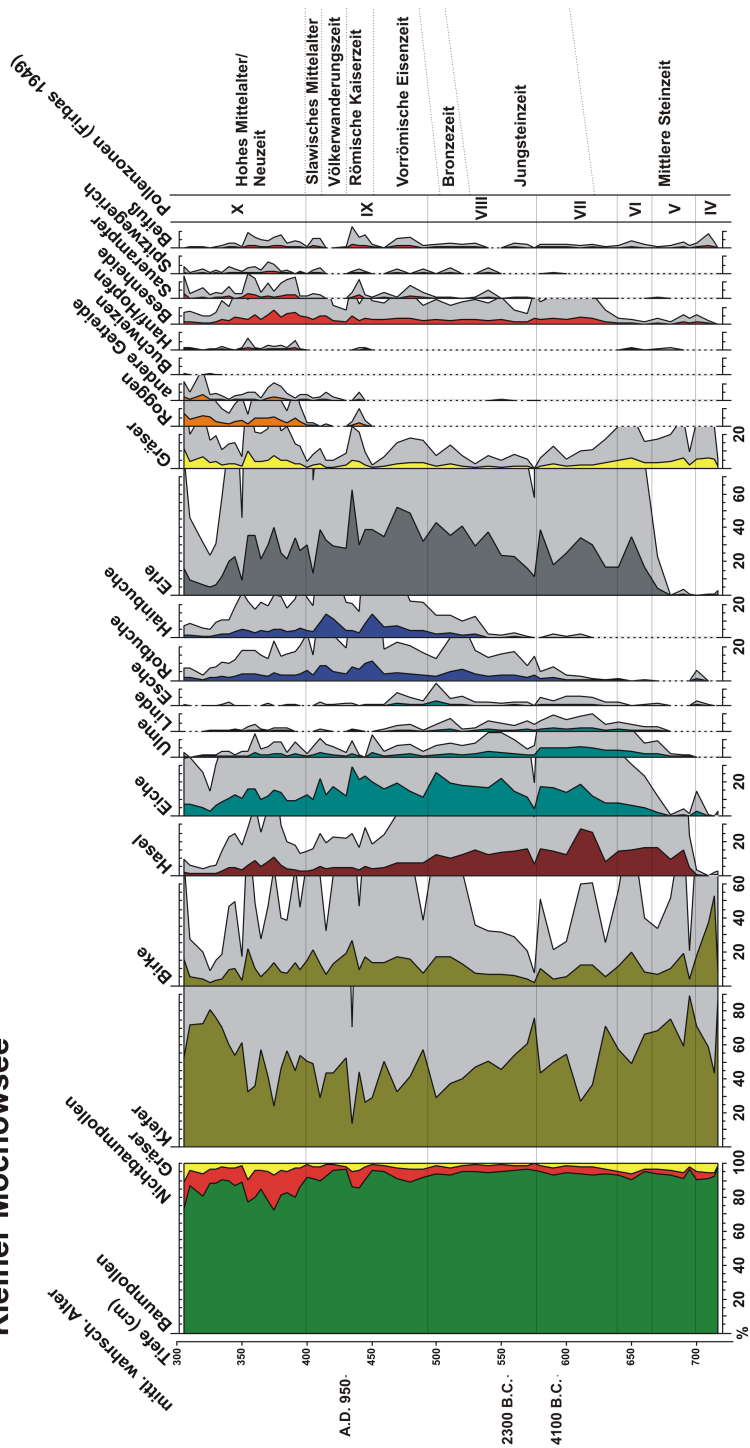


Abbildung 3: Pollendiagramm vom Kleinen Mochowsee, nördliche Niederlausitz, als Beispiel der Gruppe A, ausgewählte Taxa. Prozentwerte beziehen sich auf die Gesamtpollensumme.

Breitlingsee

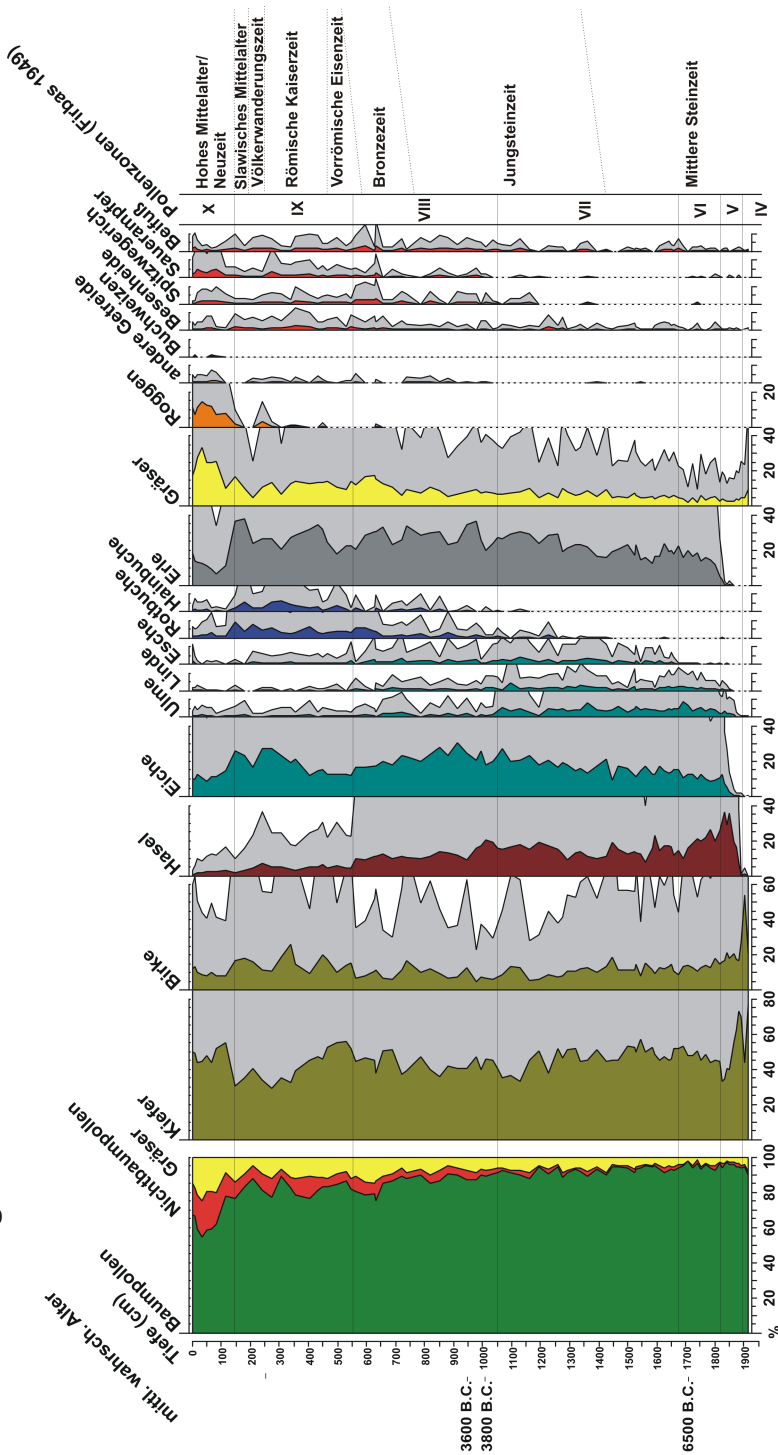


Abbildung 4: Pollendiatom vom Breitlingsee bei Brandenburg a.d. Havel, als Beispiel der Gruppe B, ausgewählte Taxa. Prozentwerte beziehen sich auf die Gesamtpollensumme.

Großer Krebssee

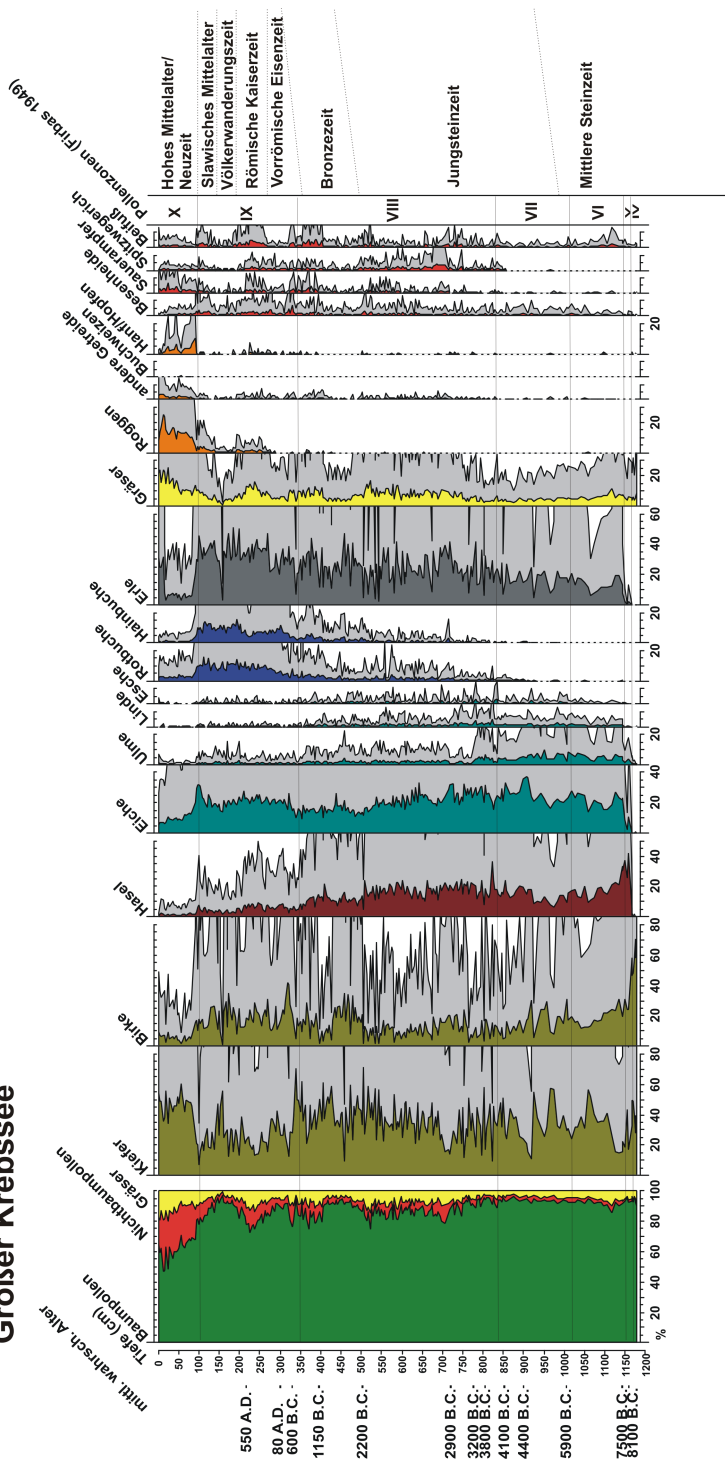
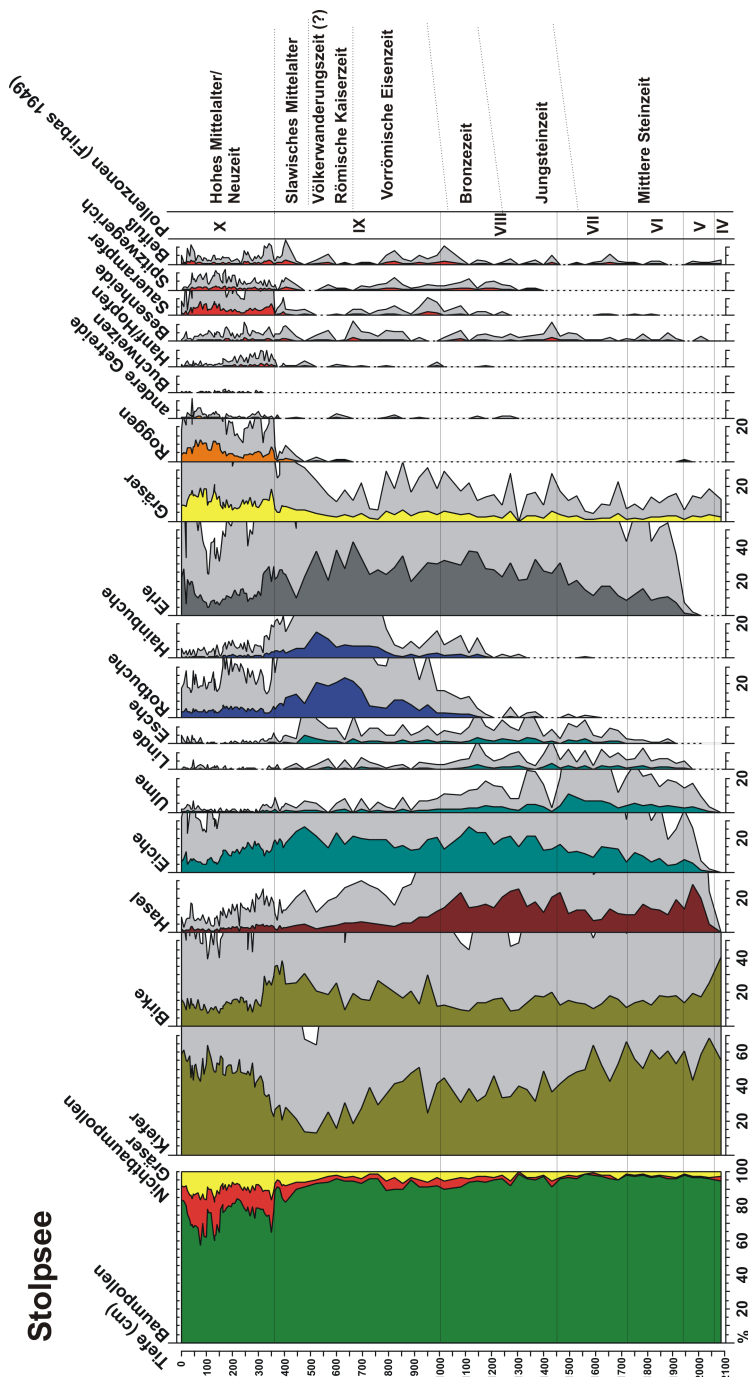


Abbildung 5: Pollendiagramm vom Großen Krebssee, Neuenhager Oderinsel, als Beispiel der Gruppe C, ausgewählte Taxa. Prozentwerte beziehen sich auf die Gesamtpollensumme.



Rudower See

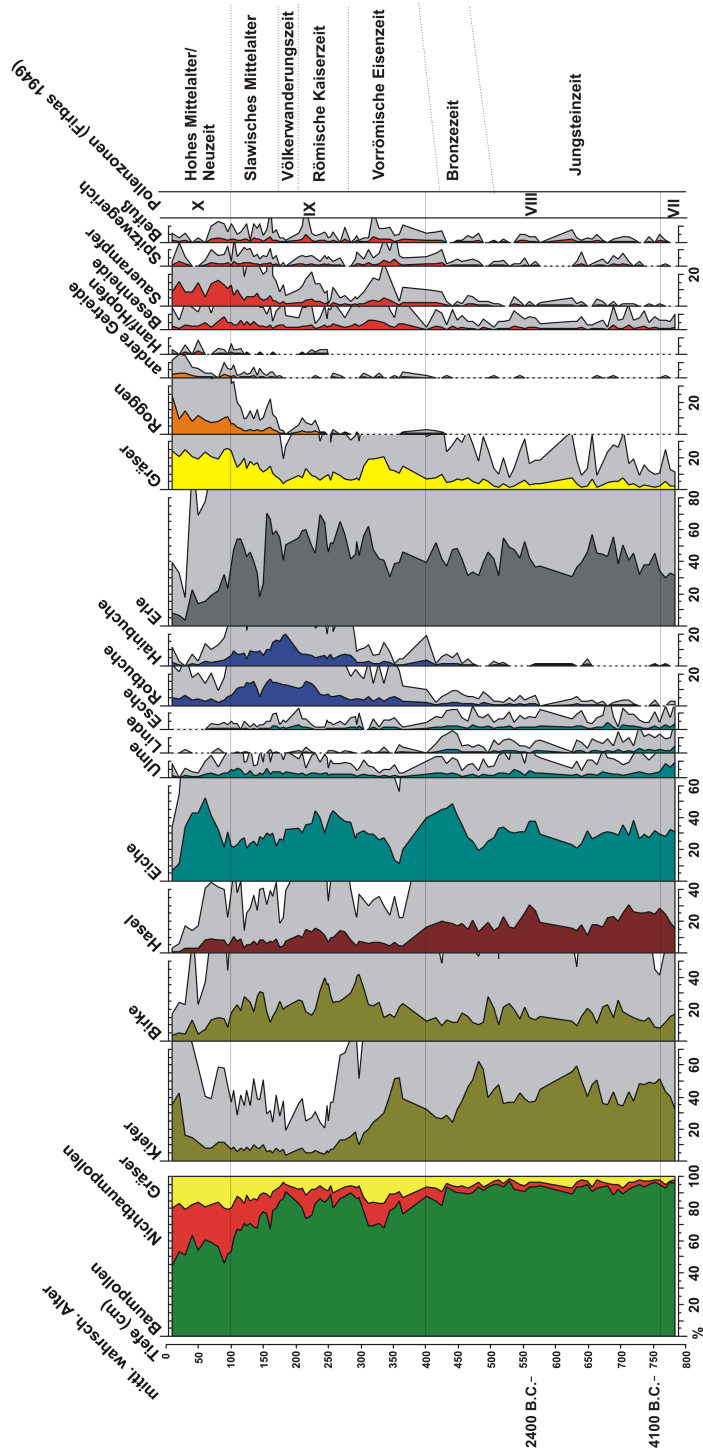


Abbildung 7: Pollendiagramm vom Rudower See, Prignitz, als Beispiel der Gruppe E, ausgewählte Taxa. Prozentwerte beziehen sich auf die Gesamtpollensumme

Die nacheiszeitliche Entwicklung der Wälder in Brandenburg und Berlin

Die Entwicklung der Waldvegetation erfolgte in Brandenburg nach dem Ende des letzten Kälterückschlages des Spätpleistozäns, der Jüngeren Dryas. Die Zeit um ca. 9600 v. Chr. ist durch eine besonders starke Erwärmung gekennzeichnet, die einschneidende Folgen für die Pflanzen- und Tierwelt hatte. Es kam zu einer Bewaldung, zuerst mit Birken und Kiefern. In dieser Zeit, dem waldgeschichtlichen Abschnitt IV, Präboreal, nach Firbas (1949) hatten die Wälder noch einen sehr lichten Charakter, was in der nachfolgenden Zeit, dem Boreal (V) eine Massenausbreitung von Haselnusssträuchern ermöglichte. Parallel dazu wanderten die ersten anspruchsvolleren Laubbäume ein. Ab ungefähr 7300 v. Chr. bedeckte Eichenwald, gemischt mit Ulmen, Linden und Eschen, die brandenburgische Landschaft. Diese Zeit fällt mit dem so genannten nacheiszeitlichen Klimaoptimum zusammen, in dem die Jahresmitteltemperaturen deutlich höher lagen als heute. Diese Eichenmischwaldzeit wird als Atlantikum (VI, VII) bezeichnet. Aufgrund eines angestiegenen Grundwasserspiegels konnten sich nun in den Senken und Flusstälern Erlenwälder ansiedeln, die seitdem, bis zu den Rodungen im Mittelalter, prägend für die Niederungsgebiete in Brandenburg waren. Gegen 4000 v. Chr. gingen die Ulmenbestände in den Wäldern stark zurück, möglicherweise als Folge eines Pilzbefalls. Dieser so genannte „Ulmenfall“ markiert den Übergang zum Subboreal (VIII), in dem die ersten Rotbuchen und Hainbuchen in das Gebiet einwanderten. Schon gegen Ende des Atlantikums begann der Übergang von den Jäger- und Sammlerkulturen der Mittleren Steinzeit zu denjenigen der Ackerbauern und Viehzüchter in der Jungsteinzeit. Eine Zeit lang existierten diese beiden Lebensformen in Brandenburg parallel. Um 1700 v. Chr. setzte eine klimatische Abkühlung ein, die mit der Bronzezeit zusammen fällt. Möglicherweise begünstigte dies die weitere Ausbreitung von Rotbuchen- und Hainbuchenbeständen, die ihr Maximum in der Eisenzeit, ab ca. 800 v. Chr. im Älteren Subatlantikum (IX) hatten. Noch im frühen (slawischen) Mittelalter war die Öffnung der Wälder auf die nähere Umgebung der Siedlungsplätze beschränkt. Ab dem 12. Jahrhundert wurden die Wälder in Kulturlandschaft umgewandelt (Jüngeres Subatlantikum, X). Im hohen Mittelalter wurde die Landschaft durch großflächige, unregelmäßige Rodung und Beweidung gebietsweise nahezu waldfrei, bis dann in der Neuzeit die planmäßige Forstwirtschaft einsetzte.

Die Vegetationsentwicklung in verschiedenen Landschaften Brandenburgs und Berlins

Diese oben beschriebene Entwicklung der Wälder spiegelt sich in den Pollendiagrammen wider. Allerdings gibt es regionale Besonderheiten, die auf die klimatischen, edaphischen und hydrologischen Gegebenheiten in den unterschiedlichen Gebieten zurückzuführen sind. Die erste Bewaldung ist im Präboreal in elf der hier vorgestellten Pollendiagramme

durch hohe Werte von Birke und Kiefer zu erkennen. In denjenigen aus der Prignitz ist diese Periode nicht enthalten, da sie erst im Jüngerem Atlantikum einsetzen. Im nachfolgenden Boreal ist erstmals im Holozän eine regionale Differenzierung der Vegetationsbedeckung zu erkennen, die das für diesen waldgeschichtlichen Abschnitt charakteristische Haselmaximum betrifft. In den drei Pollendiagrammen aus dem südöstlichen Brandenburg liegen dessen Werte mit maximal 19 % der Gesamtpollensumme deutlich unterhalb derjenigen aus den anderen Gegenden, wo 30-40 % erreicht werden. Möglicherweise ist dies eine Folge der stark oligotrophen Böden im Gebiet des Brandenburgischen Stadiums.

Im Atlantikum zeigt die Waldvegetation in allen vierzehn Pollendiagrammen ein relativ einheitliches Bild. Das kann unter anderem der Tatsache geschuldet sein, dass die beiden im Gebiet heimischen Eichenarten, Traubeneiche und Stieleiche, die durchaus unterschiedliche ökologische Ansprüche haben, pollenanalytisch nicht zu unterscheiden sind. Aber auch die anderen Taxa, wie Ulme, Linde und Esche zeigen in keiner der Landschaften abweichende Werte. Eine Ausnahme bildet lediglich die Erle, die als lokales Element der Niederungsgebiete, je nach deren Ausdehnung, unterschiedlich stark vertreten ist.

Im Subboreal wanderten Rotbuche und Hainbuche nach Brandenburg ein. Die frühesten Nachweise gibt es in den Diagrammen aus dem südöstlichen und mittleren Brandenburg, wo die Rotbuche schon im Jüngerem Atlantikum eine geschlossene Kurve zeigt (Abb. 3, 4). In den weiter nördlich gelegenen Gebieten tritt sie etwas zeitversetzt auf. Im Älteren Subatlantikum, der Zeit der maximalen Ausbreitung von Rotbuche und Hainbuche, zeigt sich dann, mit den unterschiedlich hohen Anteilen von Kiefer, Rotbuche und Hainbuche an der Waldvegetation, eine eindeutige standortsbedingte Differenzierung. Im südöstlichen und mittleren Brandenburg sind Rotbuche und Hainbuche mit relativ geringen Werten vertreten. Entsprechend zeigt die Kiefer, die kein dichtes Kronendach verträgt, auch in dieser so genannten Schattholzphase keinen nennenswerten Rückgang. In allen Pollendiagrammen aus diesen Landschaften hält sich die Kiefer auf Werten um 40-60 %. Im mittleren Brandenburg liegen die Werte der Rotbuche durchschnittlich bei lediglich 3-6 %, im Südosten bei 3-7 %. Eine Ursache für ihre geringe Verbreitung könnte in beiden Gebieten, ebenso wie bei der Hainbuche, die mangelnde Bodengüte sein. Im Südosten kommt für die Rotbuche mit der zunehmenden Kontinentalität des Klimas und den damit verbundenen niedrigeren Wintertemperaturen ein weiterer limitierender Faktor dazu. Die Hainbuche, die starken Frost besser ertragen kann, erreicht dementsprechend, mit Werten von durchschnittlich 4-8 %, höhere Anteile als die Rotbuche. Im mittleren Brandenburg erreicht die Hainbuche hingegen nur 2-3 %.

Im Norden Brandenburgs ist der Anteil beider Baumarten an der Waldvegetation deutlich höher. Entsprechend ist ein starker Rückgang der Kiefer zu vermerken, die durch das schattige Kronendach der Buchenbestände verdrängt wurde. Von Osten nach Westen zeigen sich

auch hier Unterschiede in der Zusammensetzung der Wälder. In den Diagrammen aus den am weitesten östlich gelegenen Landschaften zeigt wiederum die Hainbuche höhere Werte. Am Felchowsee dürfte das kontinentale Klima, wie im Südosten, ausschlaggebend für den relativ hohen Anteil der Hainbuche sein. Am Großen Krebssee, der nahe am Oderbruch gelegen ist, könnte die Hainbuche auch Teil der Auenvegetation gewesen sein. In den Diagrammen von der Mecklenburgischen Seenplatte ist die Rotbuche stärker vertreten als die Hainbuche, möglicherweise als Folge der günstigeren Wasserversorgung. Die Kiefer zeigt in beiden Gebieten Werte um 20 %. In der Prignitz, ganz im Nordwesten, sind mit lediglich 7 % die niedrigsten Kiefernwerte zu vermerken. Diese Gegend liegt offensichtlich schon im Übergangsbereich zu den Wäldern des nordwestdeutschen Flachlandes, wo die Kiefer ab dem Jüngeren Subatlantikum natürlicherweise nur noch auf Sonderstandorten vorkam. Die Rotbuchenwerte liegen auf ähnlichem Niveau wie in den anderen Pollendiagrammen aus den nördlichen Landschaften. Die Hainbuche zeigt hingegen auch in der Prignitz hohe Werte, die teilweise sogar diejenigen der Rotbuche überschreiten. Dies ist dort bestimmt nicht auf das Klima zurückzuführen, sondern die Ursache dürfte in dem hohen Grundwasserspiegel des Elbtals liegen, der die Hainbuche gegenüber der Rotbuche bevorteilte.

Archäologische Fragestellungen

Diese Ergebnisse sind nicht nur für die historische Botanik, sondern auch für die archäologische Forschung von Interesse. Es zeigt sich, dass sich entsprechend der standörtlichen Gegebenheiten, schon im frühen Holozän die Vegetationsbedeckung der brandenburgischen Landschaften je nach Region unterschiedlich ausgestaltete. Das bedeutet, dass schon die mittelsteinzeitlichen Jäger- und Sammlerkulturen in den verschiedenen Landschaften eine unterschiedliche naturräumliche Ausstattung und damit unterschiedliche Nahrungsressourcen vorfanden. Für die Eichenmischwaldzeit des Atlantikums und des Subboreals, und damit für die Zeit der ersten Ackerbauern sowie der Bronzezeit, lassen die Pollendiagramme, aus den oben genannten Gründen, diesbezüglich nur wenige Rückschlüsse zu. Jedoch spätestens seit der Eisenzeit, die mit dem Älteren Subatlantikum zusammenfällt, sind deutliche regionale Unterschiede in der Zusammensetzung der Waldvegetation aus den Pollendiagrammen abzulesen. Neben den Erkenntnissen zur Entwicklung der Wälder, geben die Pollendiagramme durch Funde von Pollenkörnern von Kulturpflanzen und Unkräutern auch Informationen über die Siedlungs- und Wirtschaftsgeschichte in den verschiedenen Naturräumen. Eine bei der Pollenanalyse nicht vermeidbare Einschränkung liegt darin, dass windblütige Pflanzen durch ihre weitaus höhere Pollenproduktion gegenüber insektenbestäubten deutlich überrepräsentiert sind. Außerdem ist zu beachten, dass nur in Ausnahmefällen mit Hilfe des Pollenkorns zur Art bestimmt werden kann, zumeist wird

nur Gattungs- oder Familienniveau erreicht. Trotz dieser limitierenden Faktoren liefert die Pollenanalyse einen wichtigen Beitrag zur Geschichte der Landwirtschaft.

In allen vierzehn Pollendiagrammen ist zu erkennen, dass sich der Spitzwegerich in der Mittleren Jungsteinzeit (ab ca. 4000 B.C.) als Folge der damaligen Wirtschaftsweise stark ausbreitete. Den Untersuchungen von Behre und Kučan (1994) zufolge, war der Spitzwegerich zu dieser Zeit ein Unkraut auf Feldern oder Brachen. Ebenfalls in sämtlichen Pollendiagrammen ist ab der Römischen Kaiserzeit (ca. 0 A.D.) ein regelmäßiges Vorkommen des Roggens zu vermerken. Durch die Einführung einer neuen Erntemethode, dem bodennahen Schnitt mit der Eisensichel, wurde der Roggen, der vorher nur als Unkraut in den Getreidefeldern stand, zu einer Kulturpflanze (Behre 1992). Seit dem frühen Mittelalter wurde die relativ anspruchslose Pflanze dann zum wichtigsten Getreide in Brandenburg. Bei anderen Kulturpflanzen ist das Bild hingegen nicht so einheitlich. So ist die Einführung des Buchweizens als neue Mehlf Frucht im Mittelalter zwar in jeder der fünf Regionen nachgewiesen, aber nicht an jedem Untersuchungspunkt. Das gleiche trifft auf den ebenfalls mittelalterlichen Anbau von Hanf zu. Ob dies standörtlich bedingte Ursachen hat, ist beim jetzigen Stand der Auswertung noch nicht zu sagen.

Von großem Interesse ist die Frage, wo es in der Völkerwanderungszeit in Brandenburg einen starken Siedlungsrückgang gab, wie er sich zum Beispiel in dem Pollendiagramm von Großen Krebssee deutlich abzeichnet (Abb. 5), nicht aber am Stolpsee (Abb. 6). Auch dazu bedarf es weiterer Arbeiten.

Zu diesen und anderen Fragestellungen soll in den nächsten Jahren eine Auswertung sämtlicher aus Brandenburg und Berlin vorliegenden pollenanalytischen Studien durchgeführt werden. Nach Möglichkeit sollten diese durch Untersuchungen aus Gebieten ergänzt werden, aus denen bislang kaum Pollendiagramme existieren, wie dem südbrandenburgischem Altmoränengebiet. Bei der Datierung der waldgeschichtlichen Abschnitte und der Besiedlungsphasen in den unterschiedlichen Landschaften besteht ebenfalls weiterer Forschungsbedarf.

Literatur

Behre, K.-E. (1992): The history of rye cultivation in Europe. – *Vegetation History and Archaeobotany* 1: 141-156.

Behre, K.-E. & Kučan, D. (1994): Die Geschichte der Kulturlandschaft und des Ackerbaus in der Siedlungskammer Flügeln, Niedersachsen, seit der Jungsteinzeit. *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* 21.

Beug, H.-J., Jahns, S. & Christiansen, J. (im Druck): Beiträge zur Vegetationsgeschichte der Mittelberegion unter besonderer Berücksichtigung des slawenzeitlichen Mittelalters. – *Frühmittelalterliche Archäologie zwischen Ostsee und Mittelmeer* 3: 16-25

Brande, A. (1996): Type region D-s, Berlin. – In: Berglund, B.E., Birks, H.J., Ralska-Jasiecicowa, M., Wright, H.E. (Eds.): *Palaeoecological events during the last 15.000 years: Regional syntheses of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe*: 518-523. Chichester.

Christiansen, J. (2008): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in der westlichen Prignitz, dem östlichen Hannoverschen Wendland und der östlichen Altmark. Online - Publikation webdoc.sub.gwdg.de/diss/2008/christiansen/index.html.

Giesecke, T. (2000): Pollenanalytische und sedimentchemische Untersuchungen zur Landschaftsgeschichte des Großen Treppelsee (Ostbrandenburg, Deutschland). – *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin N.F.* 29: 89-112.

Herzschuh, U. (1999): Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Südosten Berlins. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Freie Universität Berlin.

Jahns, S. (1999): Ein holozänes Pollendiagramm vom Kleinen Mochowsee, nördliche Niederlausitz. – *Gleditschia* 27: 45-56.

Jahns, S. (2000): Late-glacial and Holocene woodland dynamics and land-use history of the Lower Oder valley, north-eastern Germany, based on two, AMS ¹⁴C dated, pollen profiles – *Vegetation History and Archaeobotany* 9: 111-123.

Jahns, S. (2008): Wald und Feld an der Himmelstür. – *Archäologie in Berlin und Brandenburg* 2006: 96-98.

Jahns, S. (2009): Landschaftsbild im Wandel - Die Mark Brandenburg zwischen dem 11. und dem 15. Jahrhundert. – In: Müller, J., Neitmann, K. & Schopper, F. (Hrsg.): *Wie die Mark entstand - 850 Jahre Mark Brandenburg. Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg* 11: 152-157.

Jahns, S. & Münch, U. (2008): Pollenanalytische Untersuchungen zur Siedlungsgeschichte am Gabelsee, Landkreis Oder-Spree, Brandenburg, im Vergleich mit einer archäologischen Verdachtsflächenkarte. – In: J. Kunow, J. Müller, F. Schopper (Hrsg.): Archäoprognose Brandenburg II. Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 10: 259-269.

Kirleis, W. (1998): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen über die spätholozäne Siedlungsgeschichte im Gebiet des Rambower Moores, Landkreis Prignitz, westliches Brandenburg. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Göttingen.

Scholz, E. (1962): Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs. Bezirkskabinett; Potsdam.

Wolters, S. (1999): Spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung im Bereich der Fercher Berge südwestlich von Potsdam. – *Gleditschia* 27: 25-44.

Forschungspotenzial der Braunkohlenarchäologie zu Besiedlung, Landnutzung, Landschaftsentwicklung und Klimawandel

E. Bönisch

1 Besiedlung und Klimawandel

1.1 Oszillation der Gewässerentfernung urgeschichtlicher Besiedlung

In den Tagebaugebieten der Lausitz wird deutlich, worum es in der archäologischen Denkmalpflege bei großer Flächeninanspruchnahme heute gehen muss. Entsprechend dem Denkmalschutzgesetz des Landes Brandenburg werden gefährdete Bodendenkmale vor der Zerstörung erkundet, dokumentiert und geborgen. Auch in den Tagebauvorfeldern gehören zu den Grabungsobjekten Siedlungen, Gräber und andere Objekte aus allen menschlichen Besiedlungsphasen, angefangen von der späten Altsteinzeit bis hin zu den Dörfern aus dem Mittelalter. An dieser Stelle setzen für die Abbauflächen, die große Landschaftsausschnitte darstellen, weiterreichende Untersuchungen zur Besiedlung und Landnutzung ein. Dabei spielen die naturräumlichen Verhältnisse, Besiedlungsmuster und Rückschlüsse auf Klimaänderungen eine große Rolle.

In der Niederlausitz ist erfahrungsgemäß mit etwa 10 bis 15 archäologischen Lokalitäten je Quadratkilometer zu rechnen. Die Fundplatzkartierungen beispielsweise für die Tagebaue Welzow-Süd oder Jänschwalde zeigen ein insgesamt ziemlich dichtes Bild, sodass kaum noch völlig unbesiedelte Gebiete verbleiben. Betrachtet man die einzelnen Zeitabschnitte wie Spätpaläolithikum/Mesolithikum (Jägerkulturen), Neolithikum, Bronze- und frühe Eisenzeit (Lausitzer Kultur), Römische Kaiserzeit, slawisches und deutsches Mittelalter für sich, lösen sich Siedlungsbereiche und siedlungsleere Räume heraus. Beispiele dafür sind:

- die Fundplatzkette spätpaläolithischer und mesolithischer Jagdlager auf der östlichen Talkante der Malxe zwischen Grötsch und Heinersbrück/Tagebau Jänschwalde (Stapel 1999; Stapel 2000; Jansen 2003; vgl. Cziesla 2008)(Abb. 1),
- Grabhügel der Schnurkeramik (Spätneolithikum, 3. Jt. v.Chr.) am Südhang der Hornoer Hochfläche/Tagebau Jänschwalde, entlang der Isolinie 65 m NN (Rösler 2001) (Abb. 2),
- Siedlungskomplexe der älteren Lausitzer Kultur (Buckelkeramik - 14./13. Jh. v. Chr.) an spätglazialen Rinnen am Westrand der Hornoer Hochfläche (Alves 2005; Bönisch 2001) und Streusiedlungen am Hang des Landrückens in der südlichen Niederlausitz/ehem. Tagebau Greifenhain und Tagebau Welzow-Süd (Bönisch 2010),
- Fundplätze der früheisenzeitlichen Lausitzer Kultur in Beckenlandschaften und Auen, so an Neiße, Malxe, Kzschischoka und Petershainer Fließ (Bönisch 1996),
- Germanische Siedlungen in Becken und Auen wie am Rand der von Überschwemmungen geprägten Neißeau auf dem südlichen Fuß der Hornoer Hochfläche (Brather 1998; Bönisch 2011)(Abb. 3) und im Unterschied dazu,
- Das germanische Eisenverhüttungszentrum (ohne Siedlungen), gewässerfern auf dem Lausitzer Landrücken bei Wolkenberg/Tagebau Welzow-Süd (Spazier 2007).

Diese Fallbeispiele unterscheiden sich im Wesentlichen durch den Gewässerabstand, einerseits die Gewässernähe im Mesolithikum, während der frühen Eisenzeit (7./6. Jh. v. Chr.) und der germanischen Besiedlung in der Römischen Kaiserzeit (3./4. Jh. n. Chr.), andererseits durch gewässerferne Lage in rezent trockenen Gebieten während des Spätneolithikums (Ende 3. Jt. v. Chr.) und der späten Mittelbronzezeit (Buckelkeramik-Phase, 14./13. Jh. v. Chr.). Insgesamt ist eine Oszillation der Entfernung und des Höhenabstandes von Siedlungsplätzen zum Gewässer zu konstatieren. Da man davon ausgehen muss, dass Wasser zu allen Zeiten die Grundvoraussetzung für Besiedlung darstellt, zeichnet unterschiedliche Platzwahl hydrologische Veränderungen und demzufolge Klimaphasen nach (Abb. 4). Somit stellt die archäologisch weitgehend vollständige Erfassung großer Landschaftsausschnitte, was kaum woanders so wie in den Abbauflächen der Braunkohlentagebaue möglich als auch aus Denkmalschutzgründen erforderlich ist, ein einzigartiges Potenzial zur Rekonstruktion des Paläoklimas dar. Stark vereinfacht ist beispielsweise zu konstatieren, dass während der frühen Eisenzeit (7./6. Jh. v. Chr.) und im 3./4. Jh., als man die Niederungen und Bäche aufsuchen musste, Trockenheit geherrscht hat.

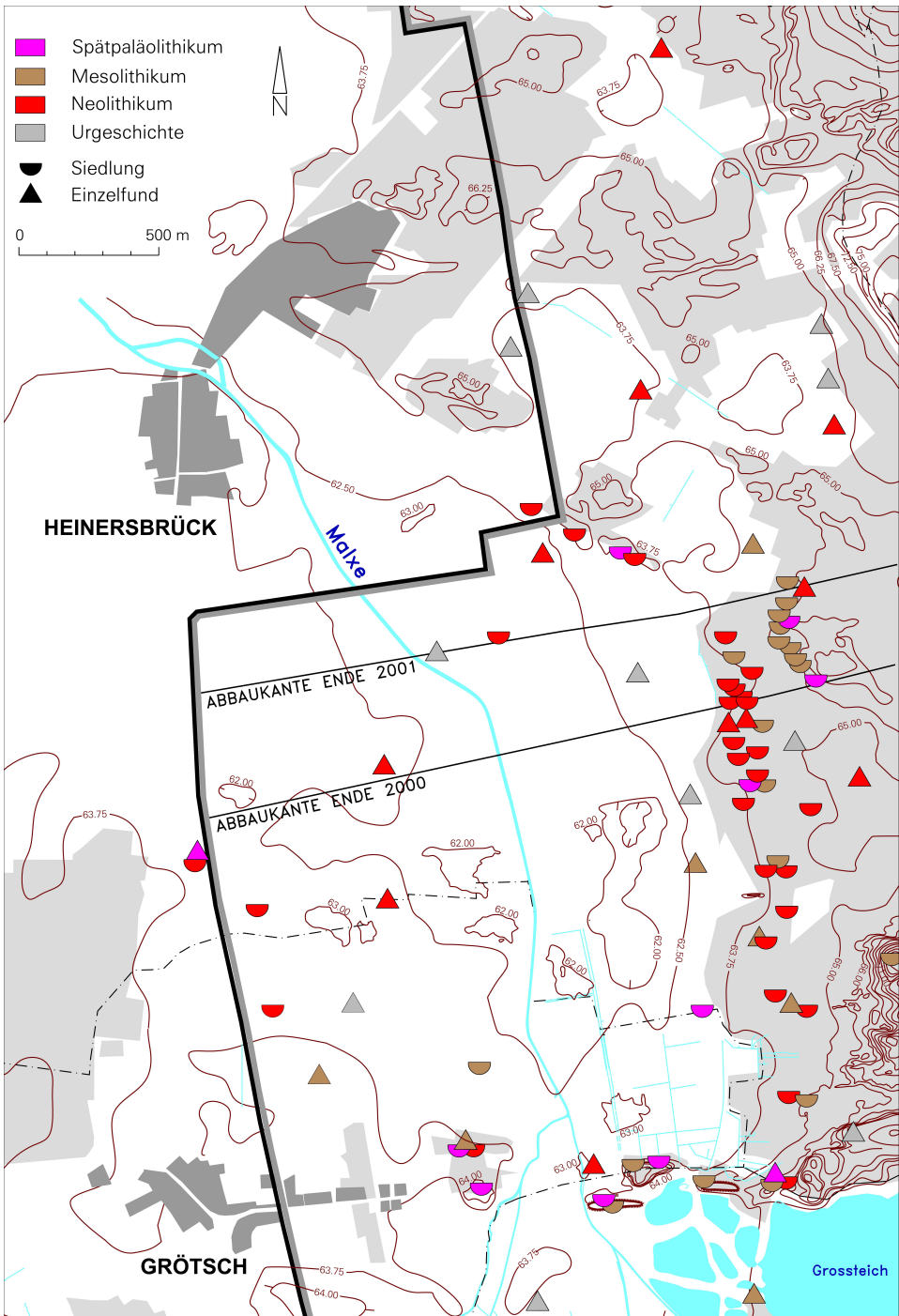


Abbildung 1: Spätpaläolithische, mesolithische und neolithische Lokalitäten an der Malxe mit westlicher Kante des Tagebaus Jänschwalde (Jansen 2003, 34 Abb. 22).

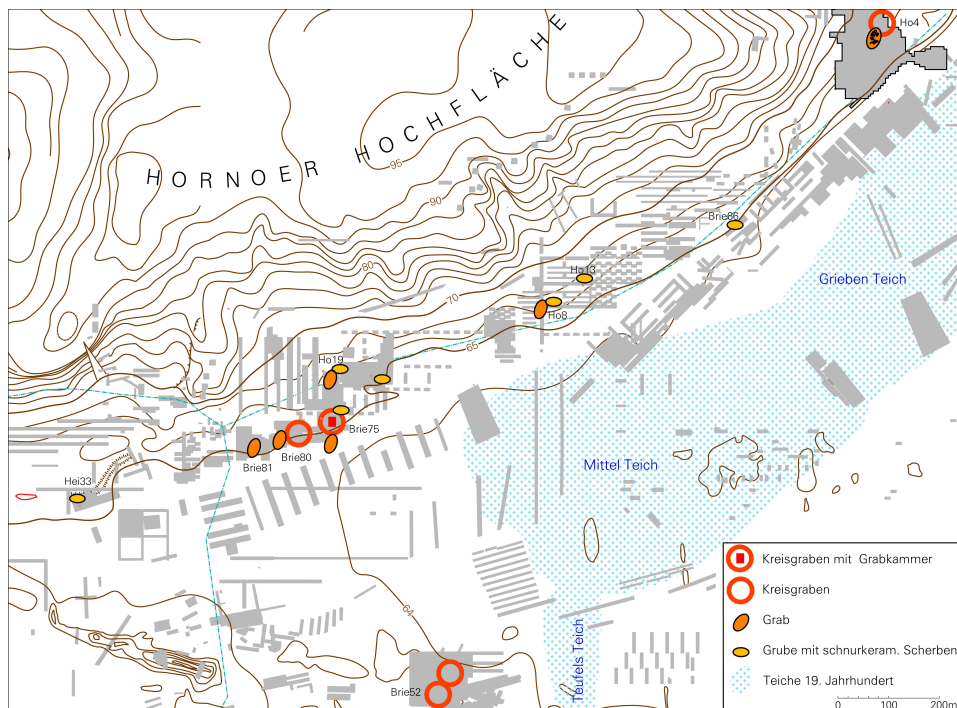


Abbildung 2: Spätneolithische Gräber der Schnurkeramik am Südfuß der Hornoer Hochfläche (Rösler 2001, 114 Abb. 92). Die beiden Kreisgräben Brie(snig) 52 sind nach heutigem Kenntnisstand Holzkohlemeiler.

Dieser Sachverhalt stimmt überein mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen, beispielsweise dendrochronologisch ermittelten Spitzen geringer Wachstumshomogenität (Schmidt /Gruhle 2003) im letzteren Zeitraum (Abb. 5). Im Gegensatz dazu dürfte die Aufsiedlung bis in die höchsten Höhen wie Lausitzer Landrücken und Hornoer Hochfläche im 14./13. Jh. v. Chr. auf feuchtes Klima und hochliegende Quellbereiche schließen lassen. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass Geländepositionen vom Fundplatzcharakter abhängen. Siedlungen, Werkplätze und Gräber unterscheiden sich per se hinsichtlich der Platzwahl. Zumal nicht für alle Zeitabschnitte alle Arten von Lokalitäten bekannt oder in ausreichender Anzahl bekannt sind, man also mitunter bei der Lageanalyse unterschiedliche Fundplatzarten mit einbeziehen muss, kann es zu Fehlschlüssen kommen. So handelt es sich beim Spätneolithikum vorrangig um Bestattungen, da weniger Siedlungen bekannt sind (Beran 2008). Die gewässerferne Lage sowohl der germanischen Eisenhüttenplätze zwischen Wolkenberg und Kausche, ganz im Unterschied zu den Siedlungen dieser Zeit, und auch die neuzeitliche Köhlerei ist auf die verfügbaren Rohstoffe, in erster Linie das Holz, zurückzuführen (s. u.). Bach- oder Flussauen und damit die dort zu erwartenden germanischen Siedlungen wie an der Neiße im Tagebau Jänschwalde wurden vom Abbaugbiet des Tagebaus Welzow-Süd im

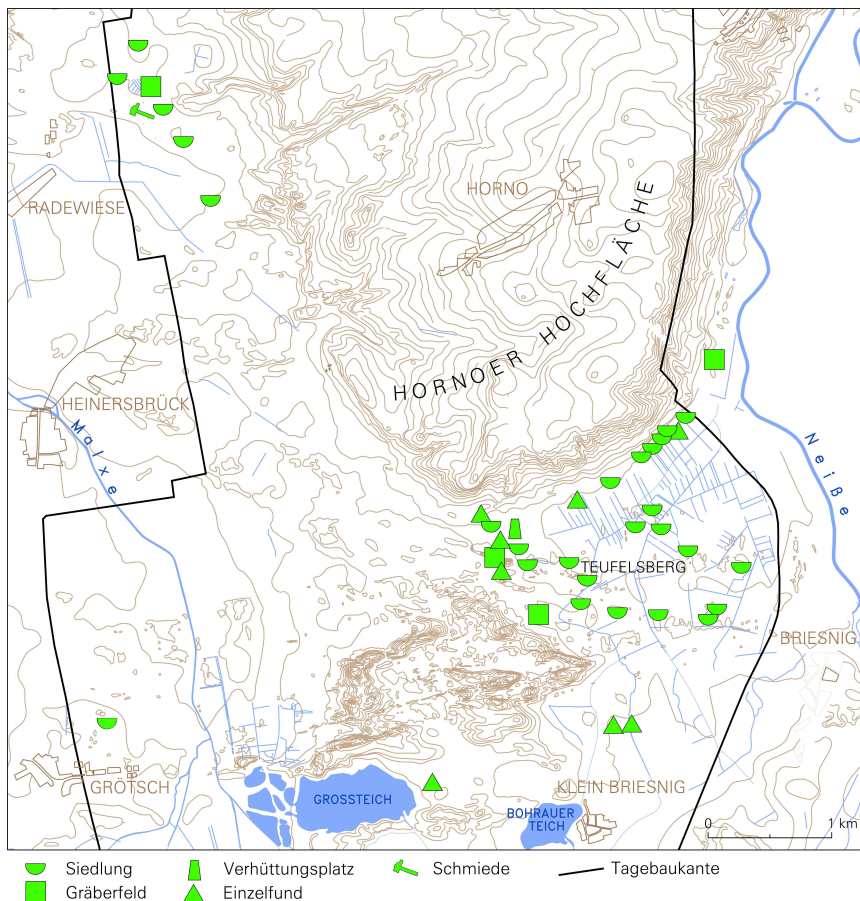


Abbildung 3: Germanische Besiedlung in den Auen von Neiße und Malxe, soweit diese durch den Tagebau Jänschwalde erfasst wurden (Bönisch 2011, 124 Abb.).

Bereich Wolkenberg/Kausche nicht erfasst. Auch Platzkontinuität und Siedlungsverlagerung spielen eine Rolle. Insbesondere bei den größeren, über mehrere Phasen hinweg als Bestattungsort genutzten bronzezeitlichen Gräberfeldern geht die Platzwahl auf die älteste Belegungsphase zurück (Platzkontinuität), während die Siedlungen mehrfach verlegt wurden. Deshalb gibt es durchaus vereinzelte früheisenzeitliche Gräber auf gewässerfernen Höhen, obwohl die zugehörigen Siedlungen weit entfernt in oder an den Tälern liegen. Außerdem sind kurzzeitige Veränderungen innerhalb der archäologischen Zeitphasen zu berücksichtigen. Ließen Klimaänderungen schneller ab, als die archäologischen (an der typologisch-chronologischen Entwicklung des Sachgutes festgemachten) Zeitstufen, sind sie nicht mehr fassbar bzw. die Fundplatzverteilung scheint nicht signifikant zu sein. Die aufgeführten Beispiele von Fundplatzpositionen sind Siedlungsmuster, also Regelhaf-

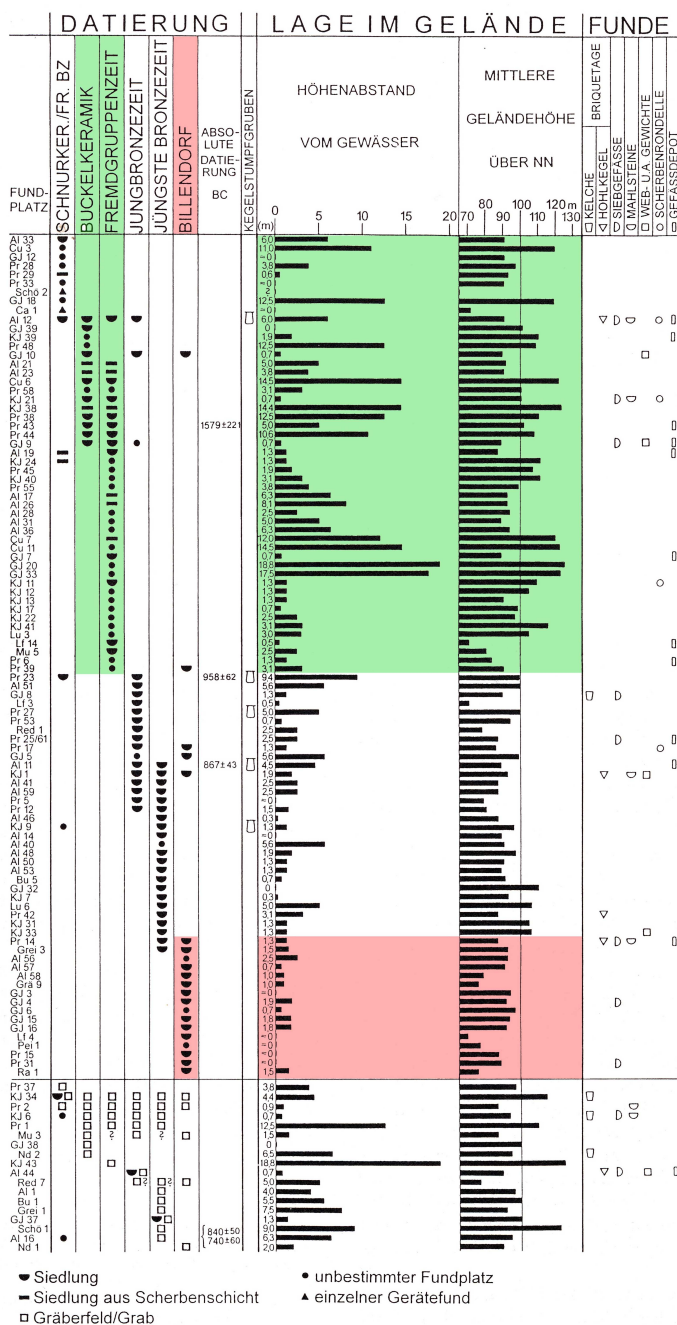


Abbildung 4: Hinweise auf Klimaänderungen durch oszillierende Gewässerentfernung urgeschichtlicher Lokalitäten am Lausitzer Landrücken/ehem. Tagebau Greifenhain: Entfernung und Höhenabstand vom Gewässer sind in der älteren Lausitzer Kultur (grün) größer als in der frühen Eisenzeit (rot) (Bönisch 1996, 127 Abb. 97).

tigkeiten, die auf vergleichbare Naturräume übertragbar sind. In archäologisch, d.h. besiedlungsgeschichtlich noch unerforschten Gebieten kann auf dieser Grundlage anhand einzelner zeitlich und vom Charakter her bestimmter Lokalitäten auf das Besiedlungsbild geschlossen werden (Bönisch 1996).

Kommen wir noch einmal zum bronzezeitlichen Besiedlungsmuster im Tagebau Welzow zurück. Die bronzezeitliche Besiedlung im Einzugsgebiet des Petershainer Fließes besteht aus Einzelgehöften der älteren Lausitzer Kultur (14./13. Jh.) auf dem Moränenfuß, einer Hangterrasse sowie auf den höchsten Erhebungen des Lausitzer Landrückens. Auf den Höhen befinden sich die zugehörigen Bestattungsplätze (Abb. 6). Die Spätbronzezeit (9./8. Jh. v. Chr.) besetzt dahingegen nur die gewässernahen Tallagen (Grünwald 2005; Grünwald 2008).

Im Ostteil des Abbaugebietes befand sich spiegelbildlich zum Petershainer Fließ das zur Spree entwässernde „Hühnerwasser“. Hier erfolgten während der Tagebauentwicklung keine flächigen Untersuchungen, aber ausgegrabene Gräberfelder (z.B. Groß Buckow 1) zeigen gewissermaßen als Spitze des Eisberges ein ähnliches Besiedlungsmuster an. Der inzwischen ausgekohlte Ostteil des Tagebaus wird rekultiviert und dabei im wahrsten Sinne des Wortes Neuland beschritten. Mit Großgerät hat das Bergbauunternehmen künstlich, bergmännisch das Einzugsgebiet eines neuen „Hühnerwassers“ hergestellt (Abb. 7; 8). Dazu wurden mit Tagebautechnik bindige Schichten aufgebracht. Aus dem Sammelbecken wird später ein periodisches, sogar permanentes Fließgewässer entstehen, das das alte Hühnerwasserfließ außerhalb der Abbaufäche wieder speist. Dieses künstliche Biotop befindet sich derzeit in der Initialphase, d.h. quasi im Stadium Spätglazial/Frühholozän und derzeit erfolgt eine un gelenkte Sukzession. Mit einem Sonderforschungsprojekt der BTU, der Uni München und ETH Zürich wird die natürliche Sukzession, die Bodenbildung usw. untersucht (Gerwin/Schaaf/Biemelt/Elmer/Maurer/Schneider 2010). Für die Archäologie ist dieses Projekt von Interesse, da die Initialphase eines Gewässereinzugsgebietes der Ausgangspunkt und im Wortsinn die Grundlage für die anthropogene Besiedlung und Nutzung ist, die für den benachbarten Landschaftsabschnitt am Petershainer Fließ untersucht wurde.

Einerseits sind anhand der ergrabenen Besiedlungsmuster mit bestimmten Gewässerabständen der Siedlungen Rückschlüsse auf hydrographische Parameter wie Grundwasserabstand und Wasserdargebot in bestimmten Zeiträumen möglich. Andererseits ist auch zu berücksichtigen, dass die Besiedlung mit allen Folgeerscheinungen (Ackerbau, Entstehung von Offenland, weitere wirtschaftliche Tätigkeiten, Holz- und andere Ressourcennutzung) sich spätestens seit dem 2. Jahrtausend v. Chr. auf die Landschaft ausgewirkt hat. Sowohl die anthropogenen Einflüsse auf die Entwicklung eines Gewässereinzugsgebietes als auch die Voraussetzungen für seine menschliche Nutzung werden noch weiterhin Thema beiderseits befruchtender Diskussionen zwischen Archäologen und Naturwissenschaftlern sein.

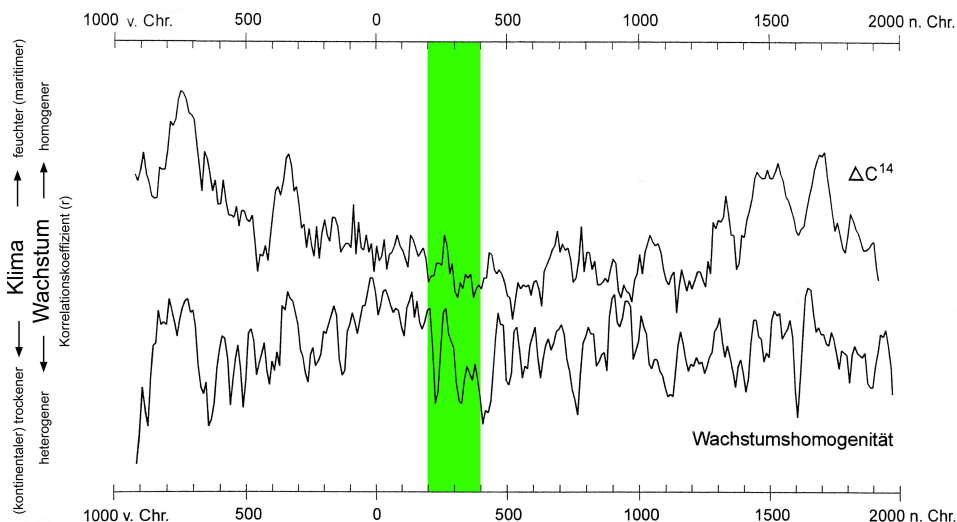


Abbildung 5: Die Position germanischer Fundplätze der Römischen Kaiserzeit (3./4. Jh.) unmittelbar an den Gewässern korrespondiert mit dendrochronologisch ermittelter geringer Wachstumshomogenität in diesem Zeitraum (nach Schmidt/Gruhle 2003).

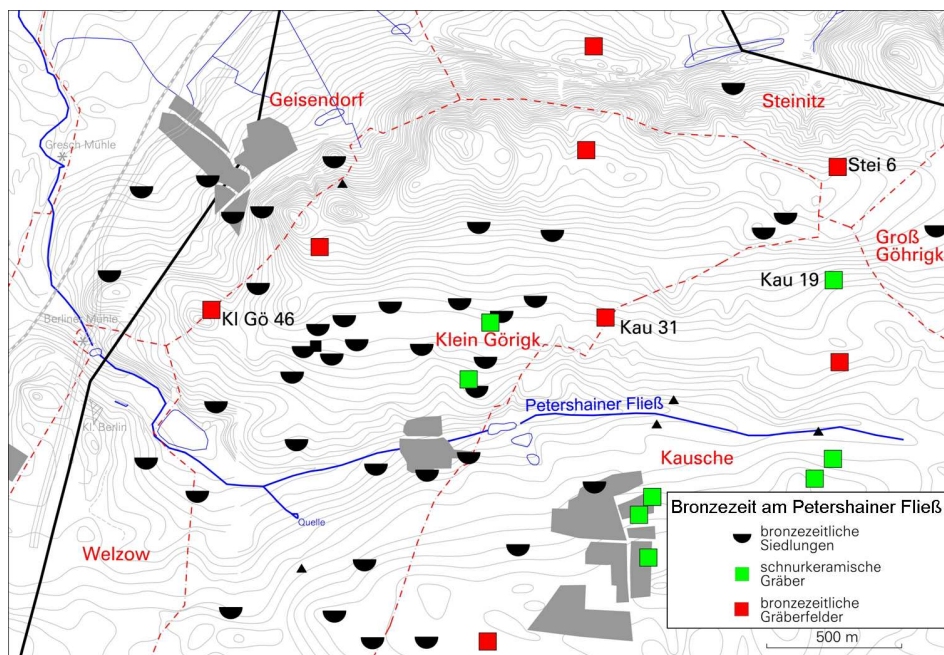


Abbildung 6: Bestattungsplätze und Streusiedlung der älteren Lausitzer Kultur (Bronzezeit) am Petershainer Fließ (BLDAM).

1.2 Siedlungsverlagerung im Mittelalter

Auch für das Mittelalter sind vom Wasserdargebot abhängige Änderungen der Siedlungsstandorte erschließbar. Für die archäologisch untersuchte Dörfergruppe Wolkenberg - Kausche - Klein Görigk im Tagebau Welzow-Süd gelang der Nachweis einzelner spätslawischer Gehöfte als Vorgängerphase der späteren und bis heute die Dorfkerne bildenden Plananlagen (Zeilendörfer) aus der Zeit der deutschen Ostsiedlung (zuletzt Bönisch 2012). So lagen außerhalb der mittelalterlichen Dorfzeile von Kausche aus der Mitte des 13. Jh. einige wenige Gehöfte, die dendrochronologisch anhand eines Brunnens kurz nach 1200 bestanden haben (Beran 2003, bes. 178-182; Frey 2009, 26-29). Die unterschiedliche Geländelage dieser Initialgehöfte und der späteren Plansiedlungen, wie sie besonders in Klein Görigk sichtbar ist (Schöneburg 2010, 115-117; Henker 2011, Pläne 246-247), steht offenbar wiederum mit klimatischen Feucht- und Trockenphasen in Zusammenhang (Abb. 9; 10). Für die slawische Siedlungsperiode wurden bereits vor Jahrzehnten bei Grabungen im Luckau-Calauer Becken (Tornow - Herrmann 1973, 359ff., Abb. 131) mehrfache Schwankungen des Grundwasserstandes archäologisch ermittelt. Der niedrige Grundwasserstand in der Phase Tornow A führte zur Besiedlung der Niederungen des Spreewaldrandes. Die Position der Initialsiedlungen um 1200 am Lausitzer Landrücken nicht unmittelbar an, sondern oberhalb der Bäche und die Besiedlung außerhalb der Beckenlandschaften im Bereich der Endmoräne überhaupt ist hingegen Beleg für hohen Grundwasserstand und reich schüttende Quellen eines feuchten Klimas. Der Klein Görigker Brunnen von 1199 liegt nicht in der Aue des Petershainer Fließes, sondern in einem offenbar noch ausreichend feuchten Seitentälchen. Zur Überquerung des Fließes ist sogar bereits 1189 ein Bohlenweg angelegt worden. Dieser Grundwasseranstieg im 12. und frühen 13. Jh. wurde schon in Tornow (Phase D) und darüber hinaus in Brandenburg, Mecklenburg und im Küstengebiet beobachtet. Die planmäßig angelegten Dörfer des 13. Jh. Wolkenberg, Klein Görigk und Kausche liegen im Gegensatz zu ihren Vorgängergehöften in größerer Gewässernähe, Klein Görigk und Wolkenberg sogar direkt am Bachlauf. Jetzt scheint dies möglich, da trocken genug, bzw. nötig gewesen zu sein, wenn auf den Höhen und Moränenhängen nicht mehr ausreichend Wasser zur Verfügung stand.

Zu dieser Trockenphase scheint allerdings die Position vieler Straßen- und Angerdörfer (vor allem in der westlichen Niederlausitz) auf Anhöhen ohne Gewässerbezug nicht recht zu passen. Offenbar standen hierfür andere Beweggründe im Vordergrund. So ging es bei der Anlage dieser großen hochmittelalterlichen Plansiedlungen im Zuge der Durchsetzung des Gewannsystems bei extensivem Ackerbau wohl eher darum, alle Teile der Gemarkung durch zentrale Lage des Ortes gut erreichen zu können. Für Horno auf der periglazial überprägten saaleeiszeitlichen Grundmoränenplatte Grießen-Hornoer Hochfläche war die Situation durch glaziale Abflussrinnen zumindest zeitweilig günstig. Vielleicht sollte aber

auch der 1229/30(d) hier errichtete (Dorf?)Brunnen mit der außerordentlichen Tiefe von 16 m Abhilfe schaffen (Bönisch/Rösler 2006; Kirsch 2011, 109). Im 14./15. Jh. ist dann ein Anstieg des Grundwasserspiegels zu konstatieren, der infolge des Mühlenstaus anthropogen verstärkt war. Bestes Beispiel dafür ist der Rohrteich bei Berlinchen, der einen Rückstau bis Klein Görigk und Kausche verursacht hat (Jansen/Tinapp 2008; Jeute 2011, 234-237). Spätere Knüppeldämme und Pflasterungen der Uferbereiche des Petershainer Fließes waren in Klein Görigk die Folge (Schöneburg 2010, 119).

Tabelle 1: Aus Siedlungspositionen erschließbare Feucht- und Trockenphasen

Zeitraum	Siedlungen	Lage/Maßnahmen	erschlossenes Klima
8.-10./11. Jh. um 1200	Slawen	Niederungsränder (Spreewald)	trocken mit Schwankungen
	Initialgehöfte	gewässerferner (Kl. Görigk), Bohlenweg über Petersh. Fließ	feucht
13. Jh.	Plansiedlung	an Bächen in Niederungen, Gruben in Bachnähe (Kl. Görigk), aber noch keine Keller	trocken
14./15. Jh.	in Dörfern	Wegebefestigung (Klein Görigk) Mühlenstau!	feucht

Klein Görigk

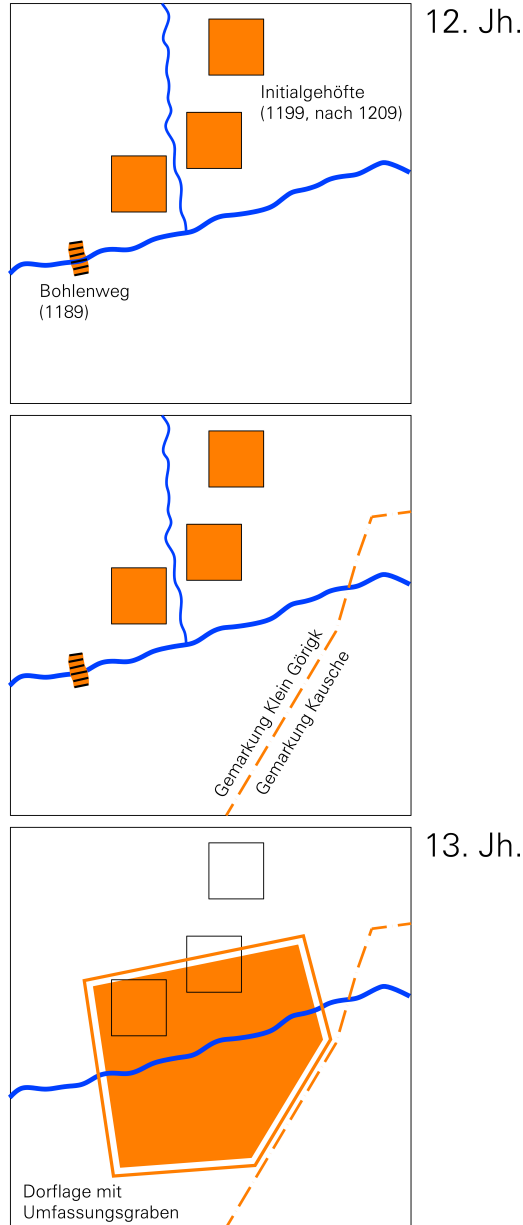


Abbildung 9: Schematische Darstellung der spätslawischen Initialgehöfte von Klein Görigk um 1200 und des in der ersten Hälfte des 13. Jh. gegründeten Plandorfes. Die Lage unmittelbar an der Gemarkungsgrenze zu Kausche mit entsprechend abgeschrägter Südostecke lässt auf die Festlegung der Grenze zwischen den beiden Dorfphasen schließen (E. Bönisch).

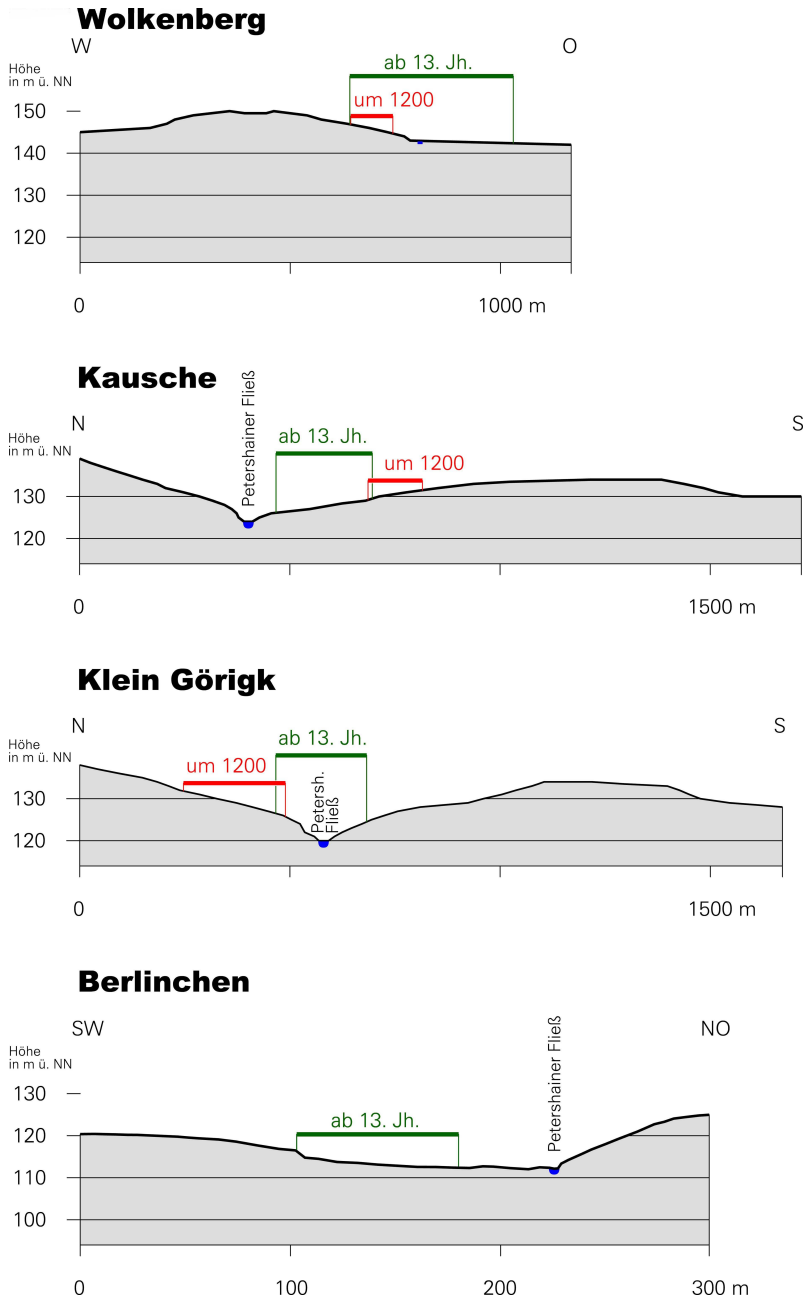


Abbildung 10: Lage der spätslawischen Initialgehöfte um 1200 und der Plandörfer des 13. Jh. in Bezug auf die Gewässer (Bönisch 2012, 281 Abb. 7).

2 Befunde zur Land- und Ressourcennutzung

2.1 Wald- und Holznutzung

Der wichtigste Rohstoff der Ur- und Frühgeschichte ist das Holz. Inwieweit Waldnutzung zur Deckung des Holzbedarfs einerseits und Rodung zur Gewinnung von Ackerland bzw. die Nutzung als Weidegründe einhergingen, ist für die einzelnen Besiedlungsphasen noch zu untersuchen. Mit der Verteilung der Siedlungen in der Landschaft, dem direkten Nachweis verwendeter Hölzer (z.B. Brunnen, Burgwallkonstruktionen, Bohlenwege) und indirekten Nachweis (Hauspfosten, Negative an Baulehm u.a.) sowie palynologischen Untersuchungen bieten die Flächenuntersuchungen in den Tagebauvorfeldern dazu ein großes Potenzial (Abb. 11).

Die weiträumige Streuung von Einzelgehöften in der Bronzezeit – Phase mit Buckelkeramik (14./13. Jh. v. Chr.) – an der Endmoräne in Welzow wurden sie als Fundkonzentrationen, auf der Hornoer Hochfläche mit Pfostengrundrissen von Langhäusern ausgegraben – ist wahrscheinlich mit einem Rückgang des Waldes verbunden gewesen. Bereits Klix und Krausch (1958, 25) vermuteten eine „Hemmung der Ausbreitung der Rotbuche auf alle ihr zusagenden Standorte infolge menschlicher Einwirkungen“ durch die Lausitzer Kultur im Subboreal. Wahrscheinlich führte die Weidewirtschaft in dieser Phase zu Offenland. Die Wertschätzung von Schaf/Ziege ist anhand der häufigen Beigabe verbrannter Reste dieser Tiere in bronzezeitlichen Gräbern ablesbar. Für diese Zeit sind Hügelgräber in Steinkreisen mit Steinstelen so typisch, dass man von der Hügelgräber-Bronzezeit spricht. Diese Grabmonumente, noch dazu auf exponierten Geländepunkten in Sichtweite der Siedlungen angelegt, sollten offenbar im Rahmen eines Ahnenkults von weitem sichtbar sein, was Offenland voraussetzt. Im Hochmittelalter waren sie noch wichtige Landmarken, die zur Festlegung der Grenzsäume dienten (Bönisch 2007). In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass heutige Lesesteinhaufen an Feldrändern der Moränengebiete und vereinzelte Geschiebeblöcke nur ein geringer letzter Rest dieser glazialen Hinterlassenschaften sind, die die Landschaft geprägt haben. Nicht erst mit der Ablösung der Holzbauweise durch Steinbauten im 19. Jh. oder den Chausseebau wurden die Feldsteine zielgerichtet ausgegraben bzw. zersprengt. Schon in der Bronzezeit sind immense Mengen an Geschieben für steinerne Grabkonstruktionen, Steindecken und eben auch Steinkreise auf Bestattungsplätzen abgesammelt worden.

In den Jahrhunderte währenden besiedlungsfreien Abschnitten zwischen der bronze- und früheisenzeitlichen Lausitzer Kultur (14.-4. Jh. v. Chr.) und den Germanen in der Römischen Kaiserzeit (3.-5. Jh.) und dann nochmals bis zum Einsetzen der slawischen Besiedlung (etwa um 800) – außerhalb des Spreewaldrandgebietes sogar bis zur deutschen Besiedlung im 13. Jh. – breitete sich der Wald jeweils wieder aus (Lange/Illig 1985).



Abbildung 11: Befunde früher Holznutzung: 1 Fugenfüllung mit Abformung der Rundhölzer eines Blockbaus (Pritzen, Bronzezeit) (Foto E. Bönisch); 2 Segmente eines Röhrenbrunnens aus hohlen Eichenstämmen (frühe Eisenzeit, Fälldatum 581+/-1 v. Chr., Heinersbrück) (Schöneburg/Rösler 2008, 93 Abb. 101); 3 Eingegrabene Hölzer einer Palisade der früheisenzeitlichen Anlage „Altes Schloss“ bei Senftenberg (Foto um 1930, Nachlass A. Götze); 4 Spaltholznegative und Rutenabformungen an Lehmantelfragmenten germanischer Rennöfen von Klein Görigk (Brumlich 2011a, 187 Abb.); 5 Rostkonstruktion aus Eichenstämmen im slawischen Burgwall Groß Lübbenau (Foto E. Bönisch); 6. Knüppeldamm aus Kiefernstämmen, dendrodatiert um 1600, in einem Hof von Grötsch (Brumlich 2011c, 262 Abb.)

Die Abstände der slawischen Burgbezirke der Lusizi am Rand des Spreewaldes von 3 bis 5 km erklären sich schon aus dem gewaltigen Holzbedarf allein für den Burgenbau. Wenn auch für die Phase A der Burg Raddusch „nur“ ein knapper Quadratkilometer Eichenwald fiel, umfasste der Wirtschaftsraum um jeden Burg-Siedlungs-Komplex allerdings durchschnittlich das Zwölfwache (Abb. 12; 13). Es war also ausreichend Holz vorhanden, jedoch fällt im Pollennachweis die Eiche stark ab und Nichtbaumpollen nehmen zu (Bönisch, H. 2011, 199ff.). Aufschlussreich in dieser Beziehung ist die Beobachtung der Änderung der verwendeten Stammdurchmesser. So wird die immense Stärke der um 1200 zum Bau der ersten Brunnen in den neu entstandenen Dörfern Kausche und Klein Görigk verwendeten Eichenbohlen später kaum mehr erreicht. Der Urwald war abgeholzt und es musste auf nachgewachsene Bestände zurückgegriffen werden. Für Aussagen zur Entwicklung der Waldbestände sollten dendrodatierte Hölzer hinsichtlich Stammstärke, Gesamtzahl der Jahrringe in Verbindung mit der Holzart ausgewertet werden.

Für ältere Perioden ist der Nachweis der Holz-, Land- und Ressourcennutzung schon schwieriger und muss vielfach indirekt erschlossen werden. Durch geoarchäologische Untersuchungen konnte die Verknüpfung von Erosionen und Dünenbildungen mit Besiedlungsphasen, insbesondere der germanischen Zeit, nachgewiesen werden (Woithe 2001). Eindrucksvoll sind diesbezügliche Befunde am Rande der Düringsheide im Tagebau Jänschwalde, wo die germanische Besiedlung eine Überdünung initiiert hat, die schließlich zur Auflassung der Siedlungen führte. Siedlungsobjekte wie Haustennen und Lehmöfen sind auf diese Weise bis heute konserviert (Brather 1998). Ähnliche Beobachtungen ergab der germanische Friedhof von Jänschwalde, Fundplatz 9. Die an Ort und Stelle liegengelassenen Kremationsreste wurden jeweils von Sandschichten überweht, so dass der Belegungsablauf an der Dünenstratigraphie rekonstruierbar ist (Schulz 2008)(Abb. 14; 15). Dies alles belegt eine weitgehende Entwaldung zu germanischer Zeit.

Gut erforscht ist die germanische Eisenverhüttung, deren Hinterlassenschaften in Form zahlreicher Verhüttungsplätze mit über 1000 Öfen (44 Werkplätze mit 1340 Öfen; inzwischen sind mehrere Hundert dazugekommen) im Vorfeld des Tagebaus Welzow-Süd untersucht worden ist (Spazier 2007). Wie oben dargestellt, befinden sich die germanischen Siedlungsbereiche in Beckenlandschaften, an Talauen und Quellbächen. Im benachbarten Tagebau Greifenhain reichten sie am Rande des Altdöberner Beckens und Fuß des Lausitzer Landrückens bis zu einer Höhe von max. um 100 m über NN (Bönisch 1996, 134, Abb. 100). Im Unterschied dazu fanden sich die Verhüttungsplätze des Wolkenberger Verhüttungszentrums auf dem Endmoränenzug zwischen 135 und 153 m über NN (Spazier 2007, 161). Deshalb war das Fehlen jeglicher Siedlungsreste in Welzow nicht verwunderlich. Hier hat etwa ein Jahrhundert lang saisonale Eisenproduktion durch die Verhüttung teils örtlich anstehenden Raseneisenerzes stattgefunden. Zu jedem Verhüttungsplatz aus mitunter meh-

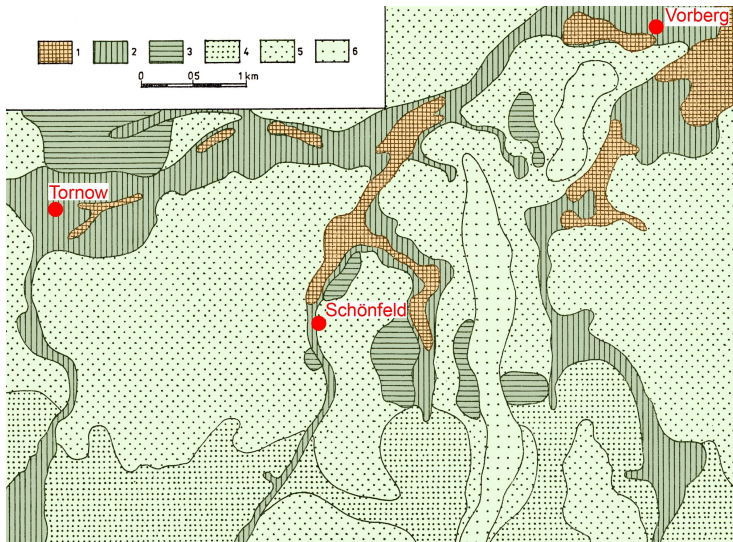


Abbildung 12: Natürliche Waldarten zu slawischer Zeit (etwa 500-1000) im Gebiet der Burgen von Tornow, Schönfeld und Vorberg aufgrund von Pollenprofilen (nach Lange/Illig 1985, 184 Abb. 6). Schraffur = kiefernfreie Laubwälder: 1 Erlenbruchwald, 2 Erlenbruchwald mit Eschen- und Stieleichenmischwäldern, 3 Traubeneichenmischwald auf Trockenböden. Punktierung = kiefernreiche Eichenmischwälder: 4 Grundwasser beeinflusster Stieleichenmischwald, 5 wenig Grundwasser beeinflusster Stieleichenmischwald, 6 Traubeneichenmischwald auf Trockenböden.

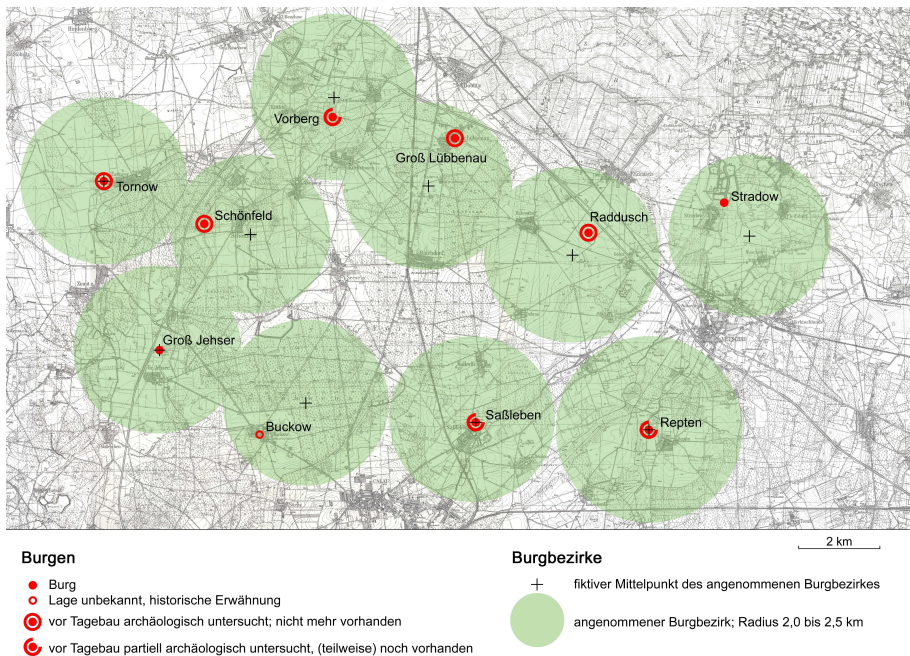


Abbildung 13: Angenommene Wirtschaftsräume slawischer Burg-Siedlungs-Komplexe der Lusizi im 9./10. Jh. (H. Bönisch 2011, 201 Abb.).



Abbildung 14: Dünenprofil vom germanischen Bestattungsplatz Jänschwalde 9 (3./4. Jh.) mit begrabenen Kremationsrückständen auf hitzegegeröteter Bodenschicht (Foto E. Bönisch).

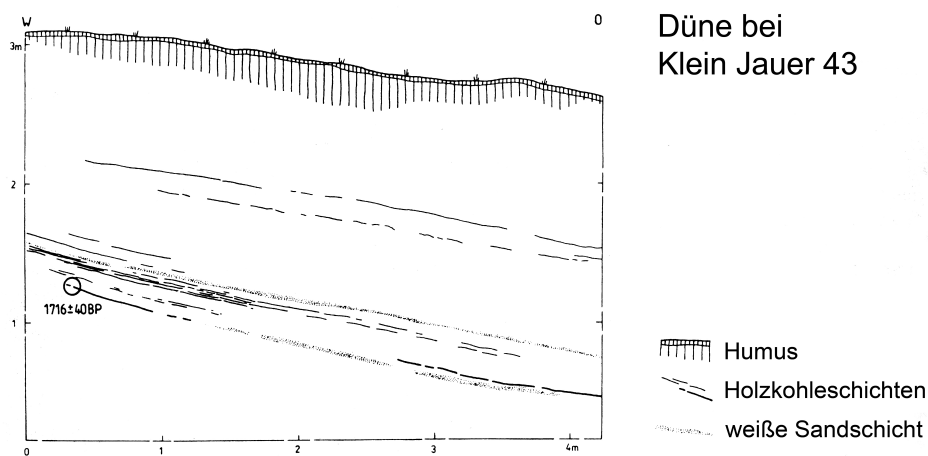
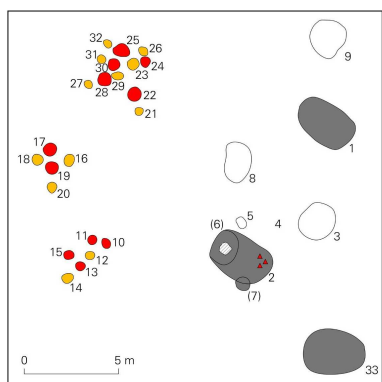


Abbildung 15: Profil der Düne innerhalb eines Dünenzuges auf dem Lausitzer Landrücken nördlich Woschkow, Lkr. Oberspreewald-Lausitz. Entstehungszeit aufgrund der Schichten mit Holzkohlepartikeln (14C-Datum 260-423 cal AD, Bln 4561) während der germanischen Siedlungsperiode (Bönisch 1996, 290 Abb. 188).

renen Ofenbatterien unterschiedlicher Größe gehörten in der Regel einige wenige peripher gelegene Grubenmeiler zur Holzkohleherstellung, insgesamt 52 bei 44 Verhüttungsplätzen (Abb. 16, 1-3). Nach der botanischen Untersuchung enthaltener Hölzer und zusätzlich einzelner Holzproben aus den Ofengruben wurde in erster Linie Eichenholz verköhlt (69 % Eiche, 30 % Kiefer). Und zwar betragen die Stammdurchmesser bis 12 cm, selten bis 16 cm. Allerdings blieb ungeklärt, ob es sich um Kronenholz oder Jungwald handelt. Die Verwendung von Eichenwurzeln zur Verhüttung ließ sich in einzelnen Fällen nachweisen (Wolkenberg 17, 22, 40). Jedenfalls belegen die Untersuchungen einen für den Landrücken auch anzunehmenden natürlichen anspruchslosen und artenarmen Kiefern-Traubeneichenwald, wie das auch Holzkohleschichten mit Eiche und Kiefer in Dünen des benachbarten Tagebaus Greifenhain belegen, die zudem Waldbrände anzeigen. Inwieweit die Nutzung der Eiche zur Köhlerei tatsächlich „das ökologische Gleichgewicht ... empfindlich gestört hat“ und zur starken Ausbreitung der Kiefer beitrug (Spazier 2007, 155), wäre noch genauer zu prüfen. Vor allem steht die Frage, ob und wofür bei Verwendung von Kronenholz das Stammholz der ursprünglichen Eichenwälder zu germanischer Zeit verwendet wurde. Wenn die Siedlungen in den Niederungen für Bauholz auf dortige Bestände zurückgegriffen haben, ist kaum anzunehmen, dass dafür auch das Holz aus den Wäldern der (weit entfernten) Endmoräne herantransportiert worden sein soll.

Grubenmeiler wie auf den germanischen Verhüttungsplätzen waren noch bis ins 16. Jh. üblich (Hillebrecht 1980, 15f., zit. nach Lipsdorf 2001, 214). Als meist rechteckige Grubenmeiler haben sich im Nachgang von Grabungen verschiedene vorher anders (z.B. als bronzezeitliche Kremationsplätze) gedeutete Objekte herausgestellt. Typisch ist dabei die Lage auf bronzezeitlichen Gräberfeldern, deren Areal aufgrund der Steinsetzungen und ursprünglichen Steinkreise aus der ackerbaulichen Nutzung ausgespart blieb (Gräberfelder Groß-Buckow, Greifenhain; Pritzen 44 - Abb. 16, 4-6).

An dieser Stelle sei hingewiesen auf die neuzeitliche Köhlerei in der Niederlausitz. Umfangreiche diesbezügliche Untersuchungen ergaben zahlreiche Holzkohlemeiler etwa des 17. bis 19. Jh. im Königlichen Taubendorfer Forst nordöstlich Cottbus, aus denen vorrangig das bis 1858 produzierende Hüttenwerk Peitz beliefert worden ist (Rösler 2008). Bis 2012 sind hier über 800 Meiler ausgegraben worden. Die Köhlerei endete mit dem Beginn des Braunkohlenbergbaus in der Niederlausitz, der im Tagebau Jänschwalde nunmehr das 2. Lausitzer Flöz unter den alten Meilerplätzen gewinnt. Abgesehen vom Informationsgehalt dieser Untersuchungen zur hergestellten Holzkohlenmenge, zum Holzverbrauch, zu den verfügbaren Holzarten und damit zum Landschaftsbild usw. ergeben die archäologischen Grabungen nach und nach im Befund alle Bestandteile einer solchen frühindustriellen Köhlerei. So konnten auch die lange gesuchten Standorte der Köhlerhütten gefunden werden, die für jeden Kohlenplatz obligatorisch sind. An den in der Laser Airborne-Karte bis auf wenige



1



2



4



3



5



6

Abbildung 16: Germanische und mittelalterliche Grubenmeiler: 1 Germanischer Verhüttungsplatz Klein Görigk 43 mit je drei Ofenbatterien und Grubenmeilern (Brumlich 2011a, 176 Abb.); 2 Profilschnitt einer der beiden Grubenmeiler vom germanischen Verhüttungsplatz Klein Görigk 6 (Brumlich 2011a, 184 Abb.); 3 Grubenmeiler des germanischen Verhüttungsplatzes Wolkenberg 17, Befund 105 - Fälldatum der enthaltenen Holzkohle um/nach 379 (Spazier 2007, 172; Foto E. Bönisch 1995); 4 wohl mittelalterlicher Grubenmeiler auf dem bronzezeitlichen Gräberfeld Groß Buckow 1 (Foto E. Bönisch 1984); 5 wohl mittelalterlicher Grubenmeiler im Bereich der bronzezeitlichen Siedlung Pritzen 44, geviertelt (Foto E. Bönisch 1993); 6 Grubenmeiler Pritzen 44 insgesamt im unteren Planum (Foto E. Bönisch)

Einzelfälle auszumachenden Meilern fielen regelhaft benachbarte Gruben auf (Abb. 17). Im gleichen Abstand zu den Meilern so gut wie nie in Windrichtung hinter dem Meiler gelegen, mussten diese Vertiefungen auch im Gelände sichtbar sein. Die Sichtung einzelner etwas weiter über die Meiler hinaus freigelegter und dokumentierter Flächen ergab dort als vermeintliche Störungen (Wurzellöcher) ausgewiesene Befunde. Sofort eingeleitete Untersuchungen solcher Gruben zeigen nun mehrschichtige, relativ junge Füllungen mit humosen Bestandteilen (Information H. Rösler). Es handelt sich dabei offenbar um eingetiefte, zeltartige Köhlerhütten, wie sie beispielsweise auch aus dem Harz bekannt sind (Abb. 18).

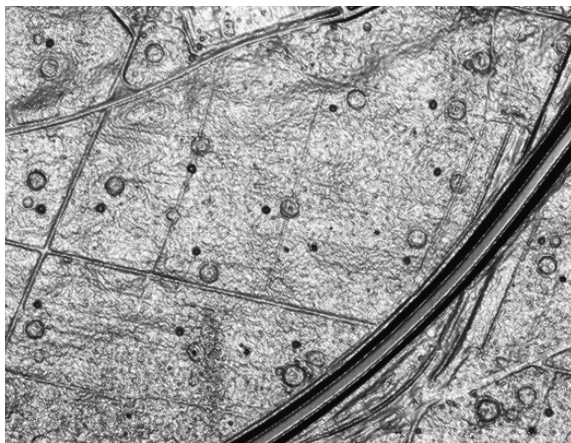


Abbildung 17: Laser Airborne-Karte des Gebietes an der B 97 zwischen Jänschwalde-Ost und Kolonie Jänschwalde mit kreisförmigen Holzkohlemeilern. Die Vertiefungen in einheitlichem Abstand neben vielen Meilern sind vermutlich eingetiefte Köhlerhütten (Vattenfall Europe Mining AG, 1998).



Abbildung 18: Kegelförmige Harzer Köhlerhütte, Mitte 19. Jh. (Die Gartenlaube 1860, Nr. 1, 28).

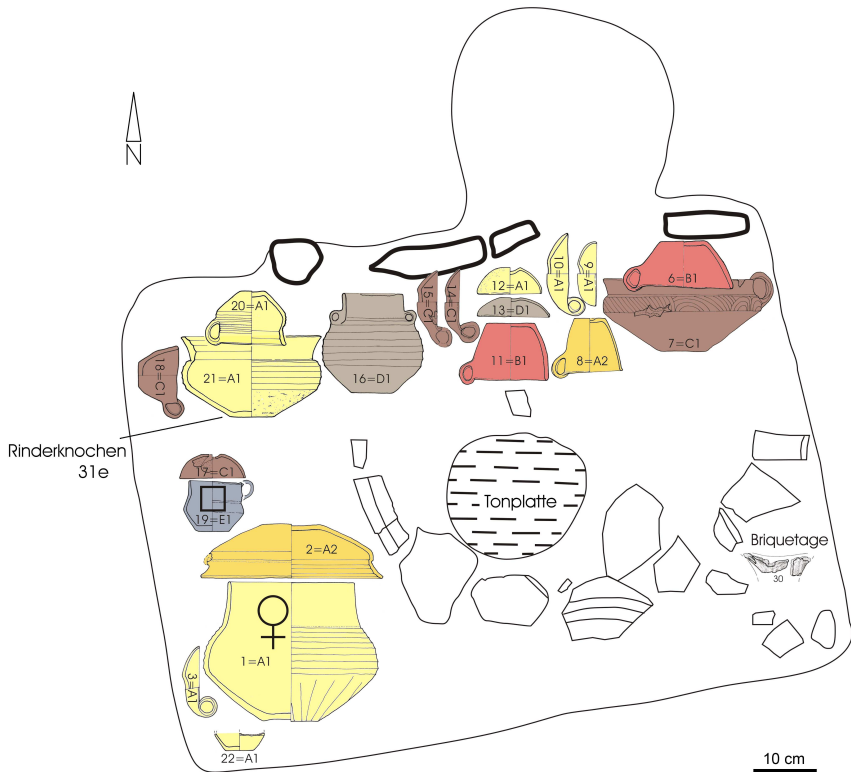
2.2 Archäologische Nachweise ur- und frühgeschichtlicher Nutzung von Bodenschätzen

Hier sollen nur summarisch Beispiele aus den Grabungen an Tagebauen der letzten Jahre aufgeführt werden. Zur Ressourcennutzung gehört neben der Gewinnung von Rohstoffen wie saalezeitlicher Moränenfeuerstein zur steinzeitlichen Geräteherstellung (Bergheide – Wechler/Wetzel 1987) seit dem Neolithikum insbesondere Töpferton für Gefäßkeramik sowie Lehm für den Hausbau und spezielle Gegenstände, z.B. Webgewichte. Neueste keramikanalytische Untersuchungen (u.a. mittels Nachbrennen: MGR = Matrix Groups by Refiring) haben erwartungsgemäß für die Bronzezeit die Nutzung örtlicher Tonvorkommen zur Töpferei nachgewiesen, aber auch die Verwendung unterschiedlicher und fremder Tone (Abb. 19, 20). Dabei wurde für spezielle Keramik (Salzbehältnisse - Briquetage) Import aus dem mitteldeutschen Raum bestätigt (Bönisch/Daszkiewicz/Schneider 2012).

Außer der im Zusammenhang mit der Holznutzung erwähnten und hinlänglich bekannten Verhüttung von Raseneisenerz zu germanischer Zeit gelang jetzt für die Niederlausitz erstmalig der Nachweis der Eisenverhüttung schon für die ältere vorrömischen Eisenzeit (radiokarbondatiert spätestens ins 5. vorchristliche Jahrhundert – Jastorfkultur). Zu den Befunden der betreffenden Grabung im Zuge der Bergbausanierung des früheren Tagebaus Schlabendorf-Süd (Fundort Görlsdorf, Lkr. Dahme-Spreewald – Brumlich, i.V.) gehört auch ein weiterer Kalkbrennofen, die sonst in germanischem Kontext üblich sind (Mülling 2003, 75; Uschmann 1999; Brather 1999). Auch für die slawische Zeit wurde der erste Kalkofen der Niederlausitz bei Schlabendorf gefunden (Bönisch, H. 2001).



Abbildung 19: In Ballen portionierter Töpferton aus bronzezeitlichen Siedlungsgruben mit verbranntem Hausinventar von Klein Görigk 18 (Foto U. Uhl).



zerscherbt: Abdeckung, Auskleidung

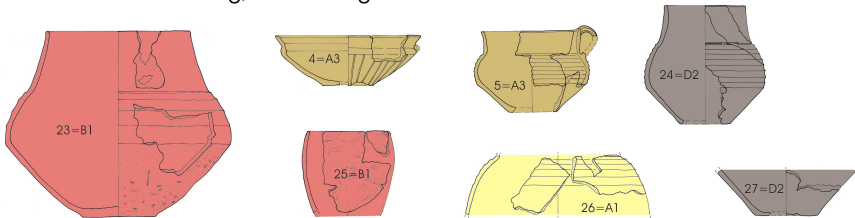


Abbildung 20: Keramikklassen der Gefäße eines bronzezeitlichen Grabinventars. Die Urne mit der Frauenbestattung und ein Teil der Beigefäße bestehen aus gelb brennendem Ton, die anderen Gefäße aus rot brennendem Ton. Das Gefäß einer Kinderbestattung (blau) wurde aus völlig anderem Ton getöpfert und ist daher nicht örtlicher Herkunft (Bönisch/Daszkiewicz/Schneider 2012, 209 Abb. 11).

2.3 Extensive Landwirtschaft des Hochmittelalters

2.3.1 Wölbäcker und Pflugspuren

Natürliche Klimaphasen überlagern sich mit Folgeerscheinungen anthropogener Landschaftsveränderungen. In der Niederlausitz war die deutsche Ostsiedlung im 12./13. Jh., hier wohl eher ein slawisch-deutscher Landesausbau, mit großflächiger Rodung und extensivem Ackerbau verbunden (Frey 2007). Die Folgen in Form gewaltiger Auswirkungen auf die Landschaft mit Trockenheit und Dünenbewegung sind archäologisch nachweisbar. Wie die Grundform der in dieser Zeit gegründeten Städte und Dörfer und die Territorialgliederung mit einem das Land überziehenden Netz aus Gemarkungen, hat sich auch die Aufteilung der Ortsfluren in Gewanne/Feldschläge teils bis heute erhalten. Im Zuge der Einführung der Hufenverfassung wurden diese Strukturen als Voraussetzung des Abgabensystems geschaffen. Gemarkungsgrenzen sind noch heute Rechtsgrenzen und die Langstreifenflur mit Wölbäckern ist im Gelände (unter Wald besser erhalten als auf heutigem Ackerland) als Waschbrettlandschaft erkennbar (Abb. 21; 22).

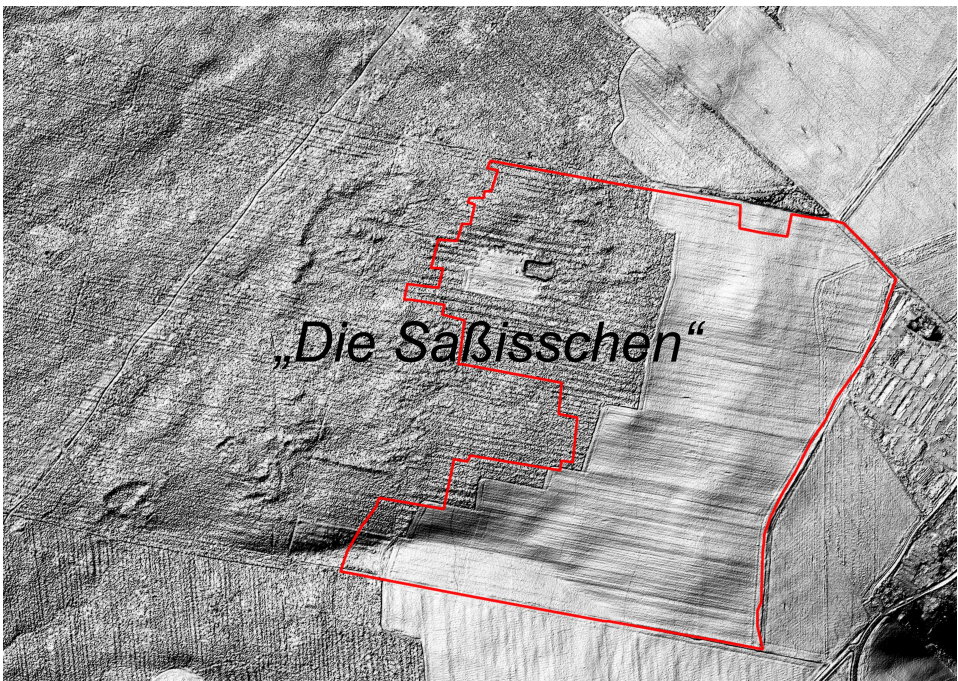


Abbildung 21: Wölbäckerfluren (Gießen, Gewann „Die Saßisschen“ und Nordrand Gemarkung Horno) erscheinen in der Laser Airborne-Karte als gestreifte Flächen (Vattenfall Europe Mining AG mit Eintragung). Rote Linie = heute teils bewaldete Äcker nach einer Flurkarte vom Ende des 18. Jh.



Abbildung 22: Wölbäcker bei Merzdorf im Anschnitt (Foto E. Bönisch).

Für die gezielte Flurarchäologie insbesondere in den Tagebauvorfeldern gibt es viele Prämissen und Fragestellungen:

1 Die meisten in der Lausitz als Bodenbefund erhaltenen Ackerrelikte sind mittelalterlich oder jünger. Außerdem gibt es Ackerbefunde mit Pflugspuren aus der späten Römischen Kaiserzeit (Germanen: Heinersbrück, Horno). Noch ältere derartige humushaltige Befunde sind im aggressiven Lausitzer Sandboden kaum erhalten, allenfalls durch Konservierung beispielsweise unter stärkerer Dünenbedeckung. Die in der Regel sich kreuzenden Pflugkritten – meist orthogonal, aber auch schräg zueinander – sind typisch für den Hakenpflug (Abb. 23; 24) mit dem der Boden aufgerissen bzw. geritzt, aber noch nicht gewendet wurde. Bislang ist nicht geklärt, warum die Abstände der Hakenpflugspuren oft verhältnismäßig gleichmäßig sind und dann kaum von der Richtung abweichende bzw. kaum dicht nebeneinander liegende Furchen vorkommen, was eher für einmaliges Pflügen bzw. einmaliges Durchgreifen bis in den anstehenden Sandboden unter der Pflugschicht spricht (Abb. 25, 1-9). Es gibt natürlich auch Gegenbeispiele (Tagebauwirtschaftsweg Merzdorf; Groß Raden – Abb. 25, 3-5).

2 Im Zuge der extensiven mittelalterlichen Bewirtschaftung sind ursprünglich die Gemarkungen flächendeckend gerodet und landwirtschaftlich genutzt gewesen. Die heute auf den



Abbildung 23: Slawische Hakenpflug-Stielschare aus der Burg Schönfeld (Grabung G. Wetzel, Foto D. Sommer).



Abbildung 24: Slawischer Hakenpflug von Langengrassau, aus Eiche. Ohne Ausklunkungen für Stielschar und Sterze, Länge der Sohle 41 cm. Dendrodatum Berlin-2529: 880+/-50 BP, 1070+/-50 A.D. (Voigt 1984; Foto im Fundzustand E. Bönisch 1979)

ersten Blick scheinbare Rodunginsel der Felder mit der Ortslage im Zentrum ist das Ergebnis nachmittelalterlicher und neuzeitlicher Wiederbewaldung (Abb. 26). Es handelt sich dabei meist um die ortfernen, trockenen Lagen mit den schlechtesten Sand- und Kiesböden. Das kann immer wieder durch dortige Ackerbefunde nachgewiesen werden. Gerade in solchen peripheren Gebieten liegen Dünenbereiche, weshalb dort Äcker oder Wölbäcker an der Oberfläche und auch z.B. in Laser Airborne-Karten nicht sichtbar sind. Diese Wiederbewaldung ist in den Separationsakten des 19. Jh. durch die Unterscheidung von „raumem Acker“ und „bewaldetem Acker“ dokumentiert. Der Titel der Griefener Flurkarte von 1846 „Karte von den bewachsenen Aeckern der Hüfner ... zu Griefen“ ist diesbezüglich aufschlussreich (Bönisch, F. 1998, 279; vgl. auch Bönisch, F. 2006).

3 Die Aufgliederung der Dorfflur in verschiedene Gewanne mit (bis heute teils noch bekannten) Flurnamen erfolgte im Rahmen der Durchsetzung der Hufenverfassung im Zuge der hochmittelalterlichen Dorfgründungen. Jeder Bauer/Hüfner mit einem Hof in der Dorflage verfügte in jedem der einzelnen Gewanne auch über einen Anteilstreifen, womit die gleichmäßige Verteilung des Bodens jeder Bonität in allen unterschiedlichen Geländelagen bzw. Entfernungen garantiert war.

4 Wölbäcker müssen nicht von vornherein bereits hochmittelalterlich sein. Ihre Entstehung wird in der Regel dem Beet- oder Wendepflug zugeschrieben, mit dem die Scholle umgeworfen wird (Gringmuth-Dallmer 1981). Die Ablösung des in slawischer Zeit üblichen und mit Originalfunden (Langengrassau) nachgewiesenen Hakenpflugs durch den Wendepflug erfolgte wahrscheinlich aber erst später und nicht abrupt. Die aufgewölbte Form der Felder erklärt man mit dem sog. Auf-Rücke-Pflügen, also dem Umwerfen der Scholle stets zur Mitte des Feldstreifens hin (Abb. 27; 28). Besonders ausgeprägte Wölbäcker auf erst während des 18. Jh. wiederbewaldeten Feldabschnitten im Gegensatz zu nur schwachen



Abbildung 25: Germanische, slawische und hochmittelalterliche Hakenpflugspuren: 1 Horno 1, unter germanischen Grabhügeln (Foto S. Schwarzländer); 2 Heinersbrück 27, germanische Hakenspuren unter Sandbedeckung; 3, 4 Merzdorf, mittelalterlich? (Grabung D. Schulz 2011, Foto E. Bönisch); 5 Groß Radde, spätslawisch (Brumlich 2011b, 213 Abb.); 6 Klein Görigk 39, hochmittelalterlich (Grünwald 2008, 123 Abb. 141); 7 Saalhausen 3, am bronzezeitlichen Gräberfeld (Foto G. Wetzel 1978); 8 Groß Lieskow 206, unter einer Düne, mittelalterlich (Foto St. Berg-Hobohm 1999); 9 Pritzen, unter dem Fußboden der Kirche des 13. Jh. mit Holzvorgänger auf dem Dorfanger (Bönisch 1992, 93 Abb. 5).

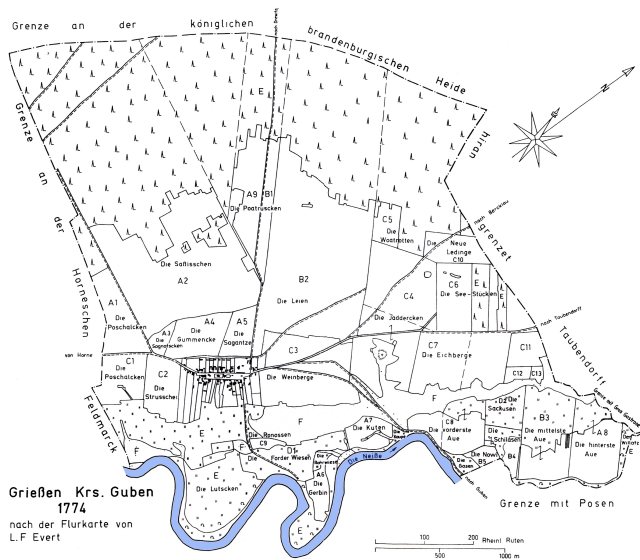


Abbildung 26: Gemarkung Grieben mit Feldgewannen und Flurnamen; ortsfernere Bereiche und Steilabfall zur Neiße (wieder) bewaldet (Flurkarte 1774, nach Bönisch, F. 1998, 276 Abb. 5).

Wölbäckern in schon vorher nicht mehr ackerbaulich genutzten, meist ortsfernen Flurteilen (z.B. Gemarkung Grießen – Bönisch, F. 1998, 279), belegen die erst nachmittelalterliche Entstehung hoher Wölbäcker. Ein Profilschnitt mehrerer Grießener Ackerstreifen zeigt zwar in seltener Deutlichkeit die schräg zur Feldmitte hin liegenden Schollen, jedoch noch kaum eine Aufwölbung (Abb. 27). Es gibt außerdem archäologische Nachweise dafür, dass Wölbäcker aufgeschüttet wurden. Das zeigen Spatenspuren in den Fahren zwischen den Ackerstreifen, insbesondere aber von Dünen bedeckte und daher in ihrer ursprünglichen Dachform konservierte Wölbäcker, z.B. von Merzdorf bei Cottbus (Hirse Korn 2001).

5 Die Schmalstreifenflur bzw. die Wölbäcker sind nicht überall mit der ersten Phase mittelalterlicher Bewirtschaftung identisch. Dass es vorangehende Felder und Flurgliederungen gegeben hat, deutet die anfängliche Existenz von Kerngewannen, die noch aus Flurkarten des 19. Jh. ablesbar sind (Grießen, Horno, Klein Jauer) an. Ferner ist die archäologisch nachgewiesene Vorform der heutigen Dörfer in Form von streusiedelartigen Einzelgehöften als Initialsiedlungen um 1200 (Kausche, Klein Görigk, Wolkenberg) ein Hinweis auf frühere Gliederungen der zugehörigen Flur. Diese Einzelgehöfte liegen nicht nur unter der heutigen Ortslage, sondern in der späteren Feldflur. Auch Nachgründungen von Dörfern in der Frühphase der slawisch-deutschen Ostsiedlung dürften Änderungen der Flurgliederung mit sich gebracht haben. Mehrere Ackerböden in Dünen können bei abweichender Ausrichtung auf Veränderungen der Flurgliederung zurückgehen (Abb. 29).

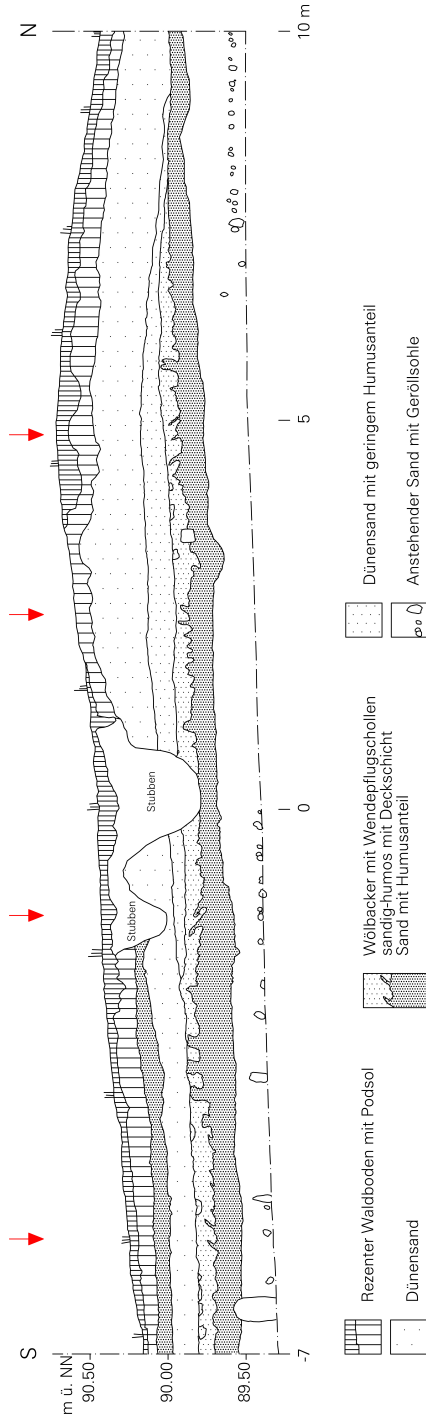


Abbildung 27: Querprofil überdünter Wölfbäcker in der Griebener Flur „Die Saßisschen“ (vgl. Abb. 21 und 26). An der Oberkante des unteren Ap sind die jeweils zur Mitte hin umgelegten Schollen (Pfeile) erkennbar (Grabung U. Grünwald 2011).

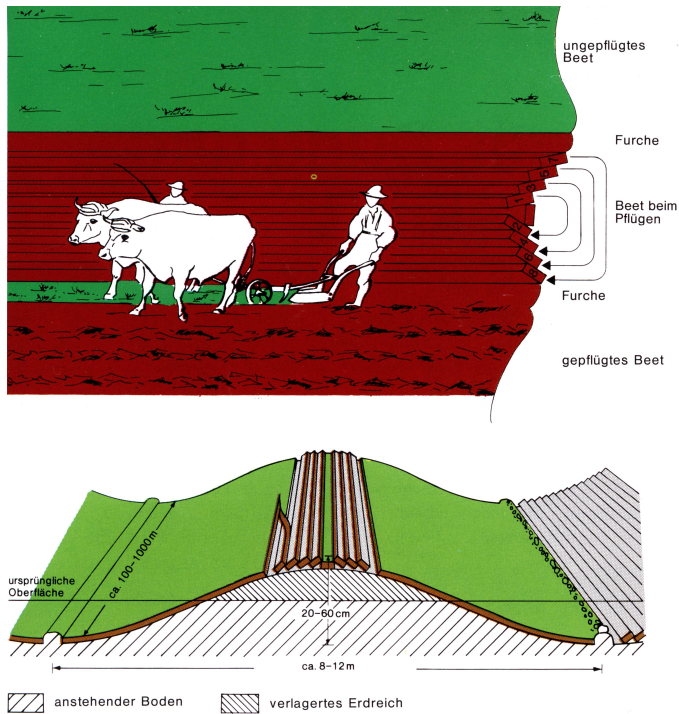


Abbildung 28: Schematische Darstellung der Entstehung von Wölb- oder Hochäckern durch das beidseitige Umliegen der Scholle zur Mitte des Feldstreifens (Ausgrabungen in Deutschland 1995, 2, S. 27).



Abbildung 29: Jänschwalde, Düne mit drei Ackerböden in leicht voneinander abweichender Pflgrichtung, zuunterst kreuzweise Hakenspuren, angezeichnet (Grabung H. Rösler 2011, Foto E. Bönisch).

2.3.2 Auswirkungen der Wölbackerflur auf das Fundbild

Wölbackerfluren prägen das Landschaftsbild nicht nur oberflächlich, sondern überprägen auch ältere Siedlungsrelikte. Die Fahren zwischen den einzelnen Feldstreifen oder Wölbäckern durchschneiden darunter befindliche ältere Kulturschichten (Abb. 30; 31). Diese Bereiche zeichnen sich in Grabungsplana als dunkle Streifen ab, die parallel im Abstand entsprechend der alten Ackerbeetbreiten die Kulturschicht beispielsweise einer Siedlung zergliedern bzw. Gruben, Pfostenlöcher und dgl. anschneiden. Im Bereich der Fahren wurden Scherben aus der Kulturschicht herausgepflügt und gelangten in oder auf den Wölbacker. Erfahrungsgemäß hält sich die weniger hartgebrannte vormittelalterliche Keramik auf der Oberfläche aber nur kurze Zeit, die Scherben zerfrieren, spalten auf und schon nach ein, zwei Jahren sind allenfalls noch kleinste Keramikreste zu finden. Heute durch den Pflug oder andere Bodeneingriffe (Wurzelrodung) aus dem Untergrund aufgebrachtes Material ist daher selten weit verschleppt und projiziert die durch die Wölbackerfahren zergliederte Kultur- und Fundschicht an die Oberfläche. Andererseits werden aufgrund dieses Sachverhaltes längst eingeebnete Wölbäckerstreifen mittels der Einzelfundkartierung urgeschichtlicher Oberflächenfunde sichtbar.

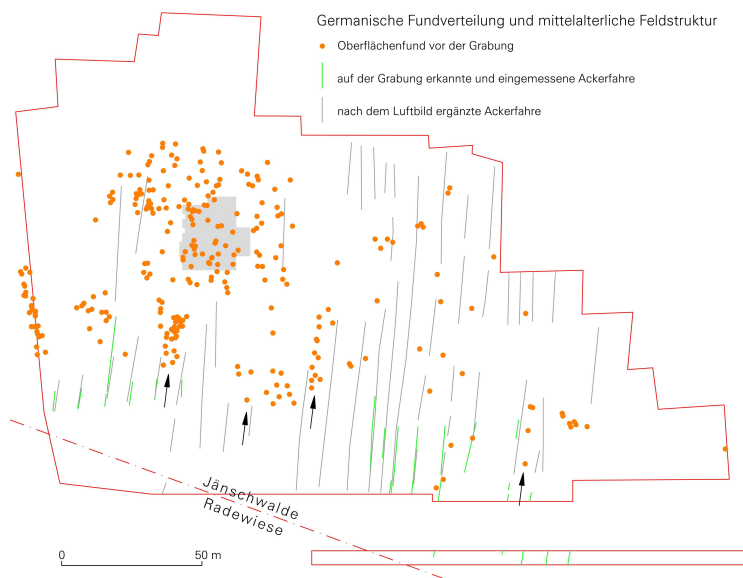


Abbildung 30: Beispiel für die im Planum einer Siedlungsgrabung (Jänschwalde 17/20) erfassten Wölbackerfahren (grün), ergänzt aus dem Luftbild dieser Grabungsfläche. Die vor Grabungsbeginn kartierten germanischen Oberflächenscherben markieren die Wölbackerrücken (Bönisch/Rösler 2011, 149 Abb.).

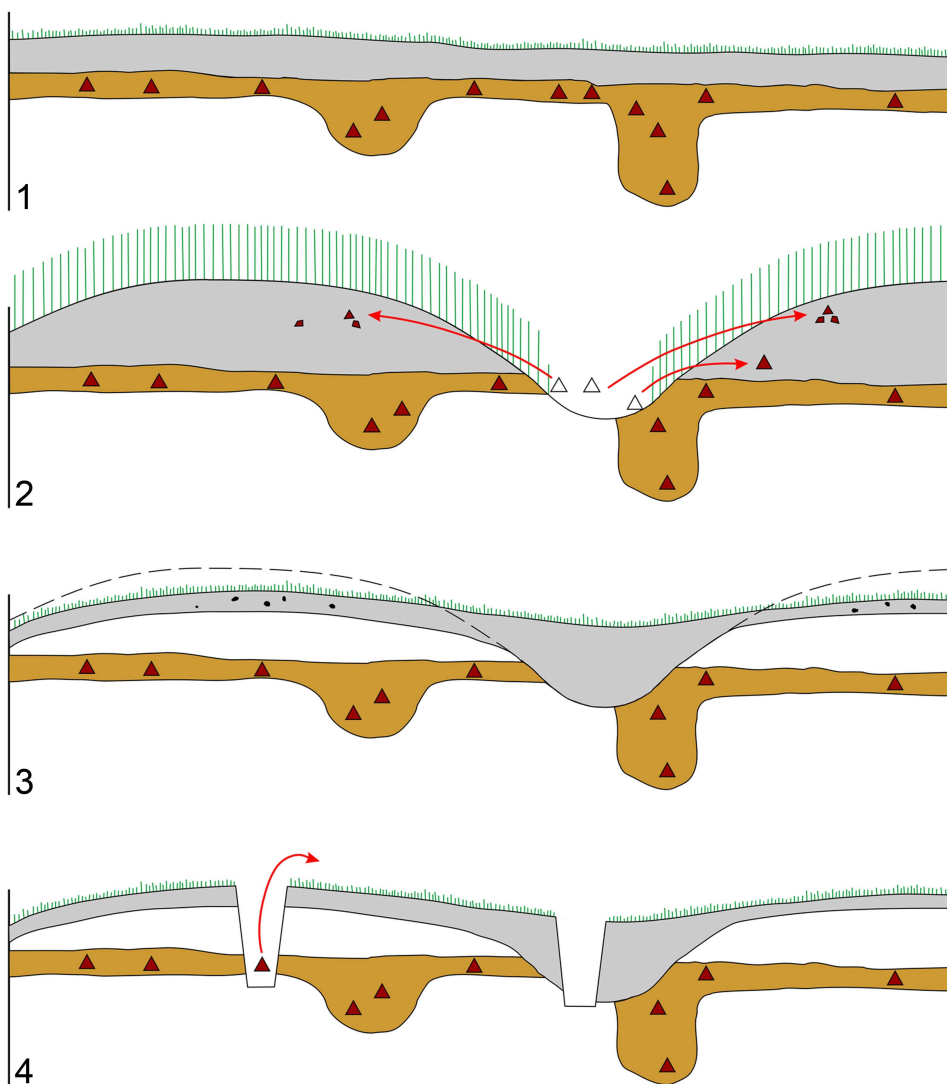


Abbildung 31: Auswirkungen mittelalterlicher Wölbäcker auf urgeschichtliche Kulturschichten in vier Phasen (Entwurf E. Bönisch): 1 Über der germanischen Siedlungsschicht mit Gruben bildet sich bis zum Mittelalter eine Humusdecke. 2 Die mittelalterlichen Wölbäckerstreifen zerschneiden mit ihren Fahnen die Siedlungsschicht. Germanische Scherben daraus gelangen in den Wölbäcker und verwittern dort. 3 Heute sind die Wölbäcker verebnet, die Scherben im Acker- oder Waldboden längst zerfallen. 4 Bei Bodeneingriffen kommen germanische Scherben vor allem unter den ehemaligen Wölbäckern heraus, im Bereich der Fahnen treten kaum noch Funde auf (vgl. Abb. 30).

2.3.3 Extensive Landwirtschaft und Dünenbildung

Überdünnte Wölbäcker sind besonders häufig auf dem Schwemmsandfächer der Spree bei Cottbus zu beobachten. Dort ist in Wölbackerprofilen zu erkennen, wie man versucht hat, bereits aufgewehrte Sandschichten einzupflügen, ehe die Dünenbildung dann doch zur Aufgabe der Äcker zwang (Woithe/Rösler 2001; Hirsekorn 2001). Im Bereich des Tagebaus Welzow sind selbst auf der trockenen, mit Kiefernwald bestanden Tertiärhochfläche hochmittelalterliche Äcker nachgewiesen worden. Sie reichen bis unmittelbar an die in West-Ost-Richtung das Gebiet durchziehende Nieder- oder Zuckerstraße, hochmittelalterliche Handelsroute von Halle bzw. Leipzig nach Schlesien. Sie wurden bei jüngsten Grabungen anhand von Ackerböden und Pflugspuren (mit einem 2012 entdeckten eisernen Pflugbeschlag) nachgewiesen (Abb. 32; 33; 34). Demzufolge sind die im Norden und Süden an die Zuckerstraße grenzenden Gemarkungen bis dorthin bewirtschaftet gewesen, obwohl es sich um trockenes, gewässerfernes Dünengelände handelt. Dort wurden mehrere sich überlagernde Ackerhorizonte mit Pflugspuren festgestellt, die auf kurzer Distanz wechselweise meterhoch von Dünen überdeckt oder restlos ausgeweht sind (Abb. 35). Geht die Deflation nur bis zur Unterkante des Ap, kann das irrtümlich für Ackerbegrenzungen gehalten werden! In der Gemarkung Gosda ließen sich anhand von unmittelbar benachbarten Arealen mit unterschiedlicher Pflugrichtung Gewanne unterscheiden (Grabung U. Grünwald 2011 - Abb. 32). Vergleichbar ist das trockene Dünengelände auf dem Lausitzer Landrücken bei Klein Jauer, wo im Abbaubereich des ehemaligen Tagebaus Greifenhain mittelalterliche Ackerspuren feststellbar waren (Bönisch 1996, 286f. m. Plan Abb. 182; vgl. 255 Flurkarte Abb. 165). Es handelt sich dort um ein Gewann der vollständig in Ackerschläge aufgeteilten Gemarkung, das bezeichnenderweise den sorbischen Flurnamen „Polka“ (Feld) trägt, aber längst wiederbewaldet war. Auf dem Areal des bronzezeitlichen Gräberfeldes Klein Jauer 34 im bezeichnenderweise „Wella“ = „Die Großen (Feldstücke)“ genannten Gewann verliefen die Pflugspuren im Wesentlichen in Nord-Süd-Orientierung entsprechend der Ausrichtung der Feldstreifen nach der Flurkarte. Sie setzten aufgrund ehemaliger Steinpackungen und -kreise zur Grabmarkierung und Einfassung an den äußersten Grabanlagen aus (Bönisch 1996, 285; 27 Abb. 17, 18) (Abb. 36). Die kreuzweise dazu verlaufenden Pflugspuren deuten auf die Nutzung eines Hakenpfluges bis zum Rand des im Inneren nicht beackerten Gräberfeldes hin. Vergleichbar sind die Hakenpflugspuren im peripheren Bereich des Gräberfeldes Saalhausen 3, die in größerem Abstand zu den Gräbern kreuzweise verlaufen.

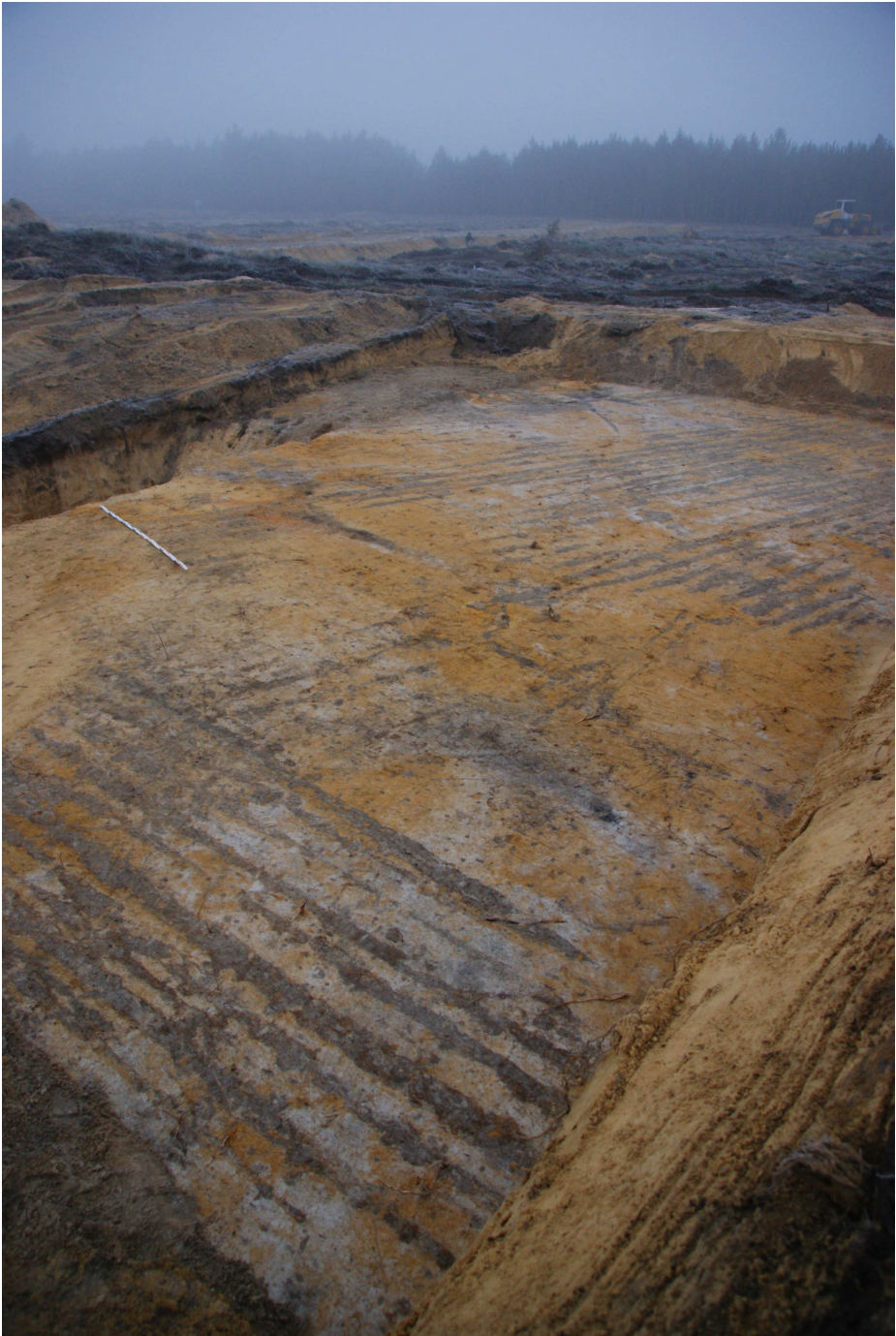


Abbildung 32: Unterschiedlich ausgerichtete Pflugspuren zwei verschiedener Gewanne, ehem. Gemarkung Gosda bei Spremberg (Grabung U. Grünwald 2011; Foto E. Bönisch).



Abbildung 33: Gosda, eiserner Pflugbeschlagn aus überdüntem mittelalterlichem Acker an der Zuckerstraße (Foto E. Bönisch 2012).



Abbildung 34: Gosda, überdünter mittelalterlicher Ackerboden (Ap) südlich der Zuckerstraße mit Eingriffen des Pfluges, Querprofil (Foto E. Bönisch).



Abbildung 35: Gosda, überdünter und ausgewehter Ackerboden mit erneuter Akkumulation im Leebereich (Foto E. Bönisch 2012).

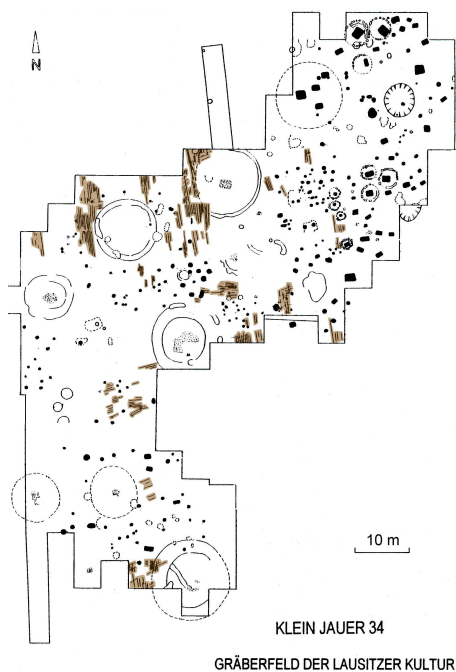


Abbildung 36: Bronzezeitliches Gräberfeld Klein Jauer 34 mit Hakenpflugsuren in den Randzonen (Grabung E. Bönisch).

2.3.4 Schlussfolgerungen für archäologische Fluruntersuchungen

Die vorgeführten Beispiele zeigen eine Vielfalt an Befunden mittelalterlicher Ackerrelikte, für die inzwischen mehrere verschiedene Untersuchungsmöglichkeiten angewandt werden. Dazu gehören Profilschnitte, Längsschnitte, Plana, Terrassenplana (bei mehreren Ackerhorizonten in Dünen), Fundkartierungen zur vertikalen Verteilung von ackerzeitlicher Keramik, Oberflächenfundkartierungen von urgeschichtlicher Keramik, weiträumige Untersuchungen zur Fundverteilung in Gewannen und der Dorfflur insgesamt. Ackerbefunde kommen nicht nur bei gezielten Untersuchungen zutage, sondern aufgrund der fast flächendeckenden Verbreitung erscheinen sie als „Nebenprodukt“ fast aller Flächengrabungen. Schwerpunkte der Erforschung von Ackerfluren sind Alter, Struktur, Ausdehnung und Bewirtschaftungsphasen sowie die Flurgliederung. Von großer Wichtigkeit ist die Klärung der Frage, ob der Hakenpflug, den man mit Blockfluren verbindet, noch auf den Langstreifenfeldern zum Einsatz kam. Zwar wurden bisher auf den Dorffluren (Grießen, Jänschwalde, Klein Görigk) sich kreuzende Pflugspuren beobachtet, dann aber nicht die Ausdehnung dieser Felder. Untersuchungen im Vorfeld Jänschwalde haben mehrschichtige durch Dünen sand getrennte Ackerböden nachweisen können. Kreuzweise Hakenspuren in der ältesten Ackerphase und spätere Änderungen der Pflugrichtung deuten zumindest bereits mittelalterliche Neugliederungen der Flur an.

Nachdem stratigrafisch gesicherte germanische Äcker mit gekreuzten Hakenfurchen nachgewiesen werden konnten (Horno 1, Heinersbrück 27), interessieren nunmehr auch hier die Flurformen und Feldgrößen dieser Zeit.

3 Schluss

Dieser Beitrag zeigt, wie mit systematischer archäologischer Bestandsaufnahme in den Braunkohlentagebauen klimatische Entwicklungen sowie Veränderungen der Landschaft der Niederlausitz in den letzten Jahrtausenden rekonstruierbar sind. Wechselnder Gewässerabstand der Siedlungen lässt auf Feucht- und Trockenphasen schließen. Landschaftsarchäologie mit dem riesigen Potenzial und den flächendeckenden Möglichkeiten der „Braunkohlenarchäologie“ betrachtet vor allem die Nutzung des Siedlungsumfeldes und die damit einhergehenden anthropogenen Veränderungen und Auswirkungen auf die Natur. Hier wurden Beispiele zur frühen Ressourcennutzung (Holz, Raseneisenerz, Ton, Kalk) gezeigt und insbesondere archäologische Befunde für die extensive Landwirtschaft seit der Zeit der slawisch-deutschen Aufsiedlung im Hochmittelalter dargestellt. Diese hatte immense Auswirkungen auf die Landschaftsentwicklung, wie dadurch initiierte Dünenbildungen belegen. Anfänge der nicht folgenlosen Land- und Ressourcennutzung liegen bereits in der Bronzezeit und während der germanischen Siedlungsperiode.

Literatur

Alves, C. (2005): Bronzezeitliche Gehöfte bei Horno. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2004. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 14: 145-156.

Beran, J. (2003): Kausche von Anfang bis Ende. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2003. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 11: 175-190.

Beran, J. (2008): Untersuchungen zur spät- und endneolithischen Besiedlungsstruktur in der Niederlausitz. Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Jänschwalde. – In: Dörfler, W. & Müller, J. (Hrsg.): Umwelt - Wirtschaft - Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südschwedens (Kongress Kiel 2005). Offa-Bücher 84; Neumünster 2008.

Bönisch, E. (1992): Die Ausgrabung der Kirche von Pritzen, Kr. Calau. – Ausgrabungen und Funde 37: 89-97.

Bönisch, E. (1996): Die urgeschichtliche Besiedlung am Niederlausitzer Landrücken. Untersuchungen am Oberlauf der Kzschischoka. – Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 4; Potsdam 1996.

Bönisch, E. (2007): Grabhügel als Grenzmale. – In: Aedificio terrae. Beiträge zur Umwelt- und Siedlungsarchäologie Mitteleuropas. Festschrift Eike Gringmuth-Dallmer. Internationale Archäologie, Studia honoraria 26: 79-90.

Bönisch, E. (2010): Bronzezeitliche Siedlungsmuster und Klimaindizien aus Flächengrabungen in der Niederlausitz (Brandenburg). – In: Kunow, J. (Hrsg.): Braunkohlenarchäologie im Rheinland. Entwicklung von Kultur, Umwelt und Landschaft. Kolloquium der Stiftung zur Förderung der Archäologie im rheinischen Braunkohlenrevier in Brauweiler vom 5.-6. Oktober 2006. Materialien zur Bodendenkmalpflege im Rheinland 21: 59-69.

Bönisch, E. (2011): Germanen in Jänschwalde. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2008. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 21: 124-126.

Bönisch, E. (2012): Slawische Initialsiedlungen am Niederlausitzer Landrücken - zu den Vorgängern der hochmittelalterlichen Plandörfer in der Niederlausitz. Transformationen und Umbrüche des 12./13. Jahrhunderts. – In: Biermann, F., Kersting, T., Klammt, A. & Westfalen, T. (Hrsg.): Beiträge der Sektion zur slawischen Frühgeschichte der 19. Jahrestagung des Mittel- und Ostdeutschen Verbandes für Altertumsforschung in Görlitz, 01. bis 03. März 2010. Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 64: 271-290.

Bönisch, E., Daszkiewicz, M., Schneider, G. (2012): Gefäßausstattung eines jüngstbronzezeitlichen Kammergrabes der Lausitzer Kultur mit Briquetage - Interpretation unter Einbeziehung von Keramikanalysen. – In: Beier, H.-J., Ostriz, S., Küßner, M., Schäfer, D., Wagner, K. & Zimmerman, A. (Hrsg.): Finden und Verstehen. Festschrift für Thomas Weber zum sechzigsten Geburtstag. Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 66: 195-222.

Bönisch, E. & Rösler, H. (2006): Das besterforschte Dorf der Niederlausitz. – Archäologie in Deutschland 2: 68-71.

Bönisch, F. (1998): Grieben im Spree-Neiße-Kreis nach der Flurkarte von 1774. – In: Veröffentlichungen des Brandenburgischen Landesmuseums für Ur- und Frühgeschichte 32: 265-290.

Bönisch, F. (2006): Mittelalterliche Siedlungsstruktur und Dorfverfassung. – In: Karg, D. & Schopper, F. (Hrsg.): Horno - Zur Kulturgeschichte eines Niederlausitzer Dorfes, Bd. 2: Historische Bauforschung, Historische Geographie, Botanik, Sprachwissenschaft, 39-57.

Bönisch, H. (2001): Der erste slawische Kalkbrennofen der Niederlausitz von Schlabendorf. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 8: 177-182.

Bönisch, H. (2011): „Ne Menge Holz.“ Überlegungen zum Holzbedarf in altslawischer Zeit am Beispiel des Burgwalls Raddusch. Archäologie im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2008. – Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 21: 191-207.

Brather, M.-J. (1998): Germanische Siedlungen und ein Gräberfeld im Tagebauvorfeld Jänschwalde, Gemarkung Briesnig. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 1997: 57-64.

Brather, M.-J. (1999): Kalkofengebäude der jüngeren römischen Kaiserzeit. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 1998. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 3: 127-135.

Brumlich, M. (2011a): Nicht nur Meiler und Rennöfen. Neues zur altbekannten Eisenverhüttung aus dem Tagebau Welzow-Süd. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2008. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 21: 177-189.

Brumlich, M. (2011b): Slawische Gehöfte unter der Dorfstraße von Groß Radden. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2008. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 21: 209-224.

Brumlich, M. (2011c): Nachgeburtenbestattung, Bohlenweg und mittelalterlicher Brunnen auf einem Bauernhof in Grötsch. Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2008. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 21: 259-269.

Brumlich, M. (in Vorbereitung): Feuersteinklingen und Eisenschlacke. Gräber und Siedlungen zwischen Mesolithikum und älterer vorrömischer Eisenzeit am Tagebaurestloch Schlabendorf-Süd. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2009/2010. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg.

Cziesla, E. (2008): Als man über das Wetter zu reden begann. Die Altsteinzeit in der Niederlausitz. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2007. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 20: 29-54.

Frey, K. (2002): Ein Dorf auf Kohle. Abschluss der Ausgrabungen in Kausche, Landkreis Spree-Neiße. – Archäologie in Berlin und Brandenburg 2001: 156-157.

Frey, K. (2007): Slawisch-deutscher Landesausbau in der südlichen Niederlausitz. – In: Biermann, F. & Kersting, Th. (Hrsg.): Siedlung, Kommunikation und Wirtschaft im westslawischen Raum. Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 46: 245-258.

Frey, K. (2009): Das mittelalterliche Dorf Kausche in der Niederlausitz - Ergebnisse der Ausgrabungen im Vorfeld des Braunkohletagebaus. Ungedr. Diss. an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald; Greifswald 2009.

Gerwin, W., Schaaf, W., Biemelt, D., Elmer, M., Maurer, T. & Schneider, A. (2010): The artificial catchment 'Hühnerwasser' (Chicken Creek): Construction and initial properties. – Ecosystem Development 1. Online . Publikation <http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2011/2072/>

Gringmuth-Dallmer, E. (1981): Veränderungen der ländlichen Siedlungsstruktur im Zuge der vollen Durchsetzung feudaler Produktionsverhältnisse in den Gebieten westlich von Oder und Neiße. – In: Zeitschrift für Archäologie 15: 243-263.

Grünwald, U. (2005): Jahrtausende vor Kausche. – In: Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2004. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 14: 137-144.

Grünwald, U. (2008): Fundwolken: Bronzezeitliche Gehöfte am Petershainer Fließ. Archäologische Prospektionen im Tagebauvorfeld Welzow-Süd. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2007. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 20: 113-126.

Henker, J. (2011): Klein Görigk - ein Dorf sehr weit hinten in der ökonomischen Skala. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2008. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 21: 245-252.

Herrmann, J. (1973): Die Ergebnisse der Forschungen in Tornow. – In: Die germanischen und slawischen Siedlungen und das mittelalterliche Dorf von Tornow, Kr. Calau. Schriften zur Ur- und Frühgeschichte 26: 359-412.

Hillebrecht, M.-L. (1980): Die Relikte der Holzkohlewirtschaft als Indikatoren für Walddnutzung und Waldentwicklung. Untersuchungen an Beispielen Niedersachsens. Ungedr. Dissertation Univ. Göttingen

Hirsekorn, V. (2001): Äcker unter Dünen im Vorfeld des Tagebaus Cottbus-Nord. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2001. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 11: 155-162.

Jansen, L. (2003): Kulturschichten ohne Grenzen. Steinzeitliche Siedlungen an der Malxe. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2001. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 11: 31-54.

Jansen, L. & Tinapp, C. (2008): Das Torfmoor am Petershainer Fließ. Geoarchäologische Untersuchungen im Tagebau Welzow. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2007. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 20: 21-28.

Jeute, G. H. (2011): Aus Berlinchen wurde kein Berlin. Ausgrabung eines wüsten Dorfes in der Niederlausitz. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2008. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 21: 225-243.

Kirsch, K. (2011): Brunnen, Teiche und Zisternen. Die Wasserversorgung eines mittelalterlichen Dorfes am Beispiel von Horno. – Archäologie in Berlin und Brandenburg 2009: 108-111.

Klix, W. & Krausch, H.-D. (1958): Das natürliche Vorkommen der Rotbuche in der Niederlausitz. – Beiträge zur Flora und Vegetation Brandenburgs 19. Wissenschaftliche Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule Potsdam, Math.-Naturw. Reihe, 4. Jg., Heft 1: 5-27.

Lange, E. & Illig, J. (1985): Vegetationskundlich-pollenanalytische Untersuchungen in der Umgebung von Schönfeld, Kr. Calau. – Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam 19: 175-185.

Lipsdorf, J. (2001): Köhler über der Kohle. Ausgrabung von Holzkohlemeilern am Tagebau Jänschwalde. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2001. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 8: 213-223.

Mülling, R. (2003): Ein Steinzeitgrab, eine Bronzezeitsiedlung und ein germanischer Verhüttungsplatz am Tagebaurand Schlabendorf. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2001. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 11: 65-78.

Rösler, H. (2001): Gräber der Schnurkeramik an der Hornoer Hochfläche. Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 8: 111-119.

Rösler, H. (2008): Köhlerei für das Eisenhüttenwerk Peitz in Brandenburg. – Archäologie in Deutschland 3: 36-37.

Schmidt, B. & Gruhle, W. (2003): Niederschlagsschwankungen in Westeuropa während der letzten 8000 Jahre. Versuch einer Rekonstruktion mit Hilfe eines neuen dendrochronologischen Verfahrens (Grad der Wachstumshomogenität). – Archäologisches Korrespondenzblatt 33: 281-300.

Schöneburg, P. (2010): Klein Görigk: Das dritte vollständig archäologisch untersuchte Dorf der Niederlausitz (Brandenburg). – In: Kunow, J. (Hrsg.): Braunkohlenarchäologie im Rheinland. Entwicklung von Kultur, Umwelt und Landschaft. Kolloquium der Stiftung zur Förderung der Archäologie im rheinischen Braunkohlenrevier in Brauweiler vom 5.-6. Oktober 2006. Materialien zur Bodendenkmalpflege im Rheinland 21: 115-120.

Schöneburg, P. & Rösler, H. (2008): Wasser aus der Röhre. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2007. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 20: 91-94.

Schulz, D. (2008): Verbrannt und zugeweht. Germanische Gräber bei Jänschwalde. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2007. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 20: 177-185.

Spazier, I. (2007): Das Eisenverhüttungszentrum Wolkenberg, Niederlausitz. – Veröffentlichungen zur brandenburgischen Landesarchäologie 39/40: 89-229.

Stapel, B. (1999): Mesolithische Besiedlungsspuren im Malxetal. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 1998. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 3: 23-30.

Stapel, B. (2000): Als die Rentiere von Weißagk nach Horno zogen ... Überblick über die Untersuchungen auf spätpaläolithischen Plätzen an der Malxe zwischen Grötsch und Heinersbrück (1993-1999). – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 1999. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 6: 9-16.

Uschmann, K.-U. (1999): Neue germanische Kalkbrennöfen in der Niederlausitz. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 1998. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 3: 117-125.

Voigt, H.-J. (1984): Ein jungslawischer Haken von Langengrassau, Kr. Luckau. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 27/28: 279-288.

Wechler, K.-P. & Wetzels, G. (1987): Eine Fundstelle mit steinzeitlichem Bergbau auf Moränenfeuerstein von Bergheide, Kreis Finsterwalde. – Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam 21: 7-30.

Woithe, F. (2001): Frühe Veränderungen der Landschaft durch den Menschen. Geoökologische Untersuchungen im Tagebauvorfeld Jänschwalde. – Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 8: 121-128.

Woithe, F. & Rösler, H. (2001): Bodenkundliche Untersuchung überdünter Wölbäcker in den Fluren von Merzdorf und Dissenchen, Tagebauvorfeld Cottbus-Nord. Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 8: 197-202.

Anthropogener Einfluss auf die Landschaft im Kelheimer Raum - Neolithisches Bergwerk und bronzezeitliche Siedlung

M. M. Rind

Unsere Kulturlandschaft ist geprägt von anthropogenen Einflüssen. Seit der Neolithisierung im 6. Jahrtausend v. Chr. lassen sich Phasen beobachten, in denen der Mensch mit unterschiedlicher Intensität seine Umgebung verändert hat (Hänsel 1998; Kossack 1982, 1992 und 1995). Im Laufe der Arbeit als kommunaler Archäologe konnte Verf. die Auswirkungen dieser Veränderungen im Raum Kelheim beobachten. Es kann hier nur beispielhaft auf zwei Epochen verwiesen werden, in denen solche Veränderungen stattgefunden haben: das erste Beispiel stammt aus dem älteren und mittleren Neolithikum, das zweite aus der Bronzezeit. Die Landschaft im Kelheimer Raum wird von den südlichen Ausläufern der Franken- bzw. Altmühlalb dominiert. Unterhalb des Michelsberges treffen Altmühl und Donau aufeinander, zwei wichtige prähistorische Verkehrsachsen. Schroffe Jurawände wie im Unteren Altmühltal und im so genannten Donaudurchbruch bilden den Übergang zum Tertiären Hügelland. In der Karstlandschaft finden sich zahlreiche Abris, Höhlen und Hohlraumsysteme, wie die berühmten Klausenhöhlen und die Sesselfelsgrötte. Heute liegt der Reiz des Unteren Altmühltals in seinem Naturpark mit zahlreichen Wegesystemen und Lehrpfaden (Rind & Sandner 2008), eine Erlebnisregion mit vielen Facetten. Der Naturpark Altmühltal ist geprägt von markanten Felsformationen, Wacholderheiden, Magerrasen sowie zahlreichen Bau- und Bodendenkmälern (Paula et al. 1992). Noch heute zeugen die Burgruinen von Randeck, Riedenburg, Obereggersberg und Kinding, die Burg Kipfenberg und das Schloß Prunn von der Bedeutung des Unteren Altmühltals im Mittelalter. Die Landschaft war nicht nur durch geologische und klimatische Veränderungen einem stetigen Wandel unterworfen. Bis zum Ende des Mesolithikums dürfte der Einfluss des Menschen auf die Natur im Kelheimer Raum zunächst noch äußerst gering gewesen sein. Das änderte sich

drastisch mit der Sesshaftigkeit und dem Beginn des Neolithikums ab der Mitte des 6. vorchristlichen Jahrtausends. Flächendeckende Rodungen für Siedlungsinseln und den damit einhergehenden Ackerbau und die Viehzucht, aber auch andere großflächige Eingriffe in die Landschaft wie der über- und untertägige Abbau von Feuerstein oder Hornstein ermöglichten erste flächendeckende Erosion. Der Einfluss des siedelnden Menschen wurde bald so groß, dass in kurzer Zeit ganz neue Landschaften entstanden (Kossack 1982, 271).

Die mit diesen Aktivitäten verbundenen Veränderungen des Landschaftsbildes sollen an zwei archäologischen Fundstellen durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Archäologie und Bodenkunde aufgezeigt werden:

Das Arnhofer Bergwerk: Ausbeute von Hornstein im Neolithikum

Als Rohmaterial zur Herstellung von Waffen und Werkzeugen hatte Hornstein im Neolithikum eine enorme Bedeutung. Da die Vorkommen begrenzt sind, lässt sich das Rohmaterial nur an ausgewählten Stellen in ausreichender Menge abbauen.

Der Abbau von gebändertem Plattenhornstein bei Abensberg-Arnhofen, Lkr. Kelheim, Niederbayern, eines der bedeutendsten montanarchäologischen Bodendenkmäler in Deutschland, ist seit über 20 Jahren bekannt. Erste Rettungsgrabungen führte das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege zwischen 1984 und 1986 durch, seit 1998 werden die durch Sand- und Kiesabbau verursachten Ausgrabungen von der Kreisarchäologie Kelheim betrieben (zuletzt Rind & Roth 2007).

Die Residuallagerstätte liegt am Nordrand des Donau-Isar-Hügellandes in der so genannten Abensberg-Pullacher Schüssel, wo sich der jurazeitliche Hornstein im Oberen Malm gebildet hat. Im Abensberger Raum ist der Plattenhornstein meist kräftig gebändert, es kommen aber auch knollige, nieren-, und linsenförmige Kieselbildungen mit Schlieren vor. Um an dieses Material zu gelangen, musste der Mensch untertägige Schächte anlegen und bis zu 8 m mächtige Deckschichten aus Kies und Sand durchgraben. Die Ausgrabungen und Auswertungsarbeiten erfolgen in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Köln (A. Zimmermann, G. Roth) und wurden zum Teil dankenswerterweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mitfinanziert. Dank so genannter Hartz-IV-Maßnahmen konnten die Notgrabungen auch nach dem Jahr 2001 kontinuierlich weitergeführt werden. Bis zum Jahresende 2007 wurden über 650 akut bedrohte Dunkelbaue des neolithischen Bergwerkes zumindest partiell untersucht und dokumentiert (Abb. 1).

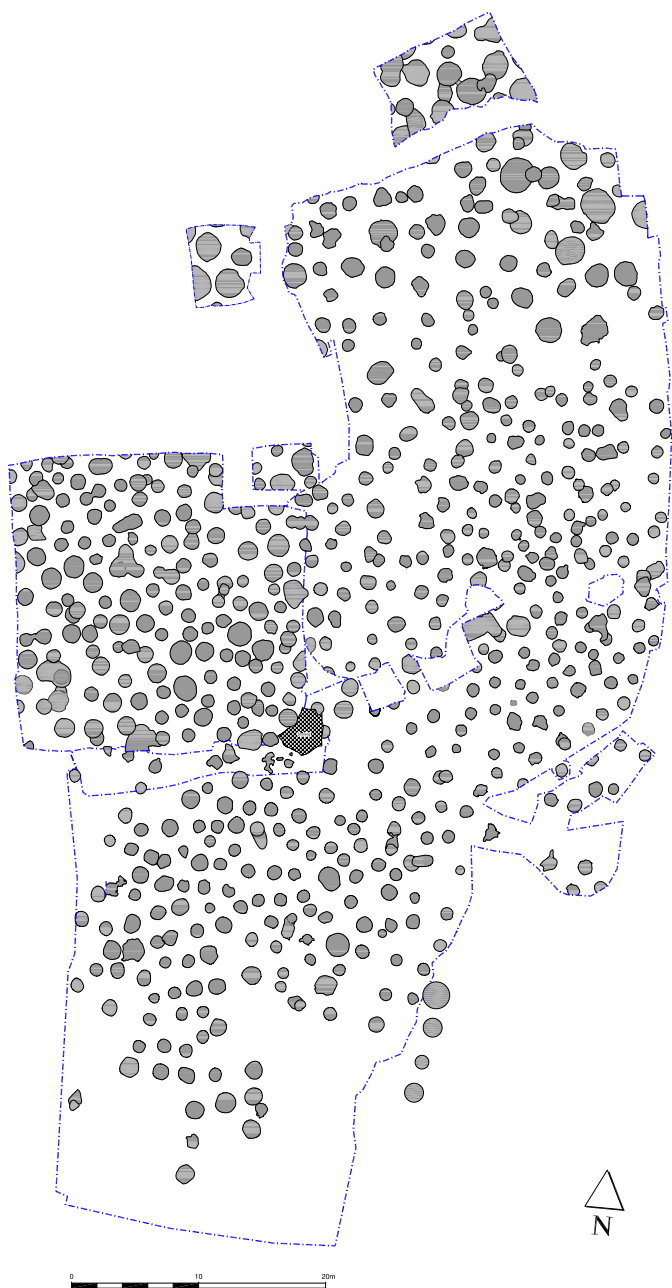


Abbildung 1: Abensberg-Arnhofen, Lkr. Kelheim. Umrisse der bis zum Jahr 2007 dokumentierten neolithischen Schächte.

Das Arnhofener Bergwerk lässt sich mangels archäologischer Funde bisher nur mit Hilfe der ^{14}C -Datierung von Holzkohlen aus Schachtverfüllungen datieren. Die von B. Weninger, Universität Köln, ermittelten Daten schwanken von der frühesten Linienbandkeramik (KN-5411: 5620 + 130 calBC) bis zum Beginn der jungneolithischen Münchshöfener Gruppe (KN-5334: 4254 + 64 calBC; KN-5336: 4240 + 70 calBC); die meisten der dreizehn bisher ermittelten Daten fallen wie erwartet in die stichband- und strichverzierten Keramikgruppen des Südostbayerischen Mittelneolithikums. ^{14}C -Datierungen von Gezähnen aus Hirschgeweih stehen noch aus.

Im Bereich der Grabungsflächen 1998 bis 2008 zeigten sich unmittelbar unter dem Oberboden auch Strukturen einer anthropogen durchwühlten Deckschicht, der so genannten „Halde“. Diese bis zu etwa 0,5 – 0,6 m mächtige Schicht besteht hauptsächlich aus Sand und umgelagertem Altabenssschotter, der mit Hornsteinabschlägen und -abspässen durchsetzt ist. Mehrere Schächte durchstießen diese im Zuge des untertägigen Bergbaus entstandene Haldenschüttung, andere wurden von ihr überlagert. Um die zahlreichen Fragen der Entstehung und Veränderung der ehemals wohl haldenartigen Deckschicht unter dem Humus beantworten zu können, fanden pedologisch-sedimentologische Untersuchungen von J. Völkel und M. Leopold, damals noch Universität Regensburg, statt. Diese Analysen ergaben, dass der Boden im Bereich der Deckschicht stark lessiviert und infolge der Mitverlagerung färbender Sesquioxide ausgebleicht ist. Fragen nach der neolithischen Oberfläche konnten nur bedingt beantwortet werden; demnach scheint der jungsteinzeitliche Laufhorizont in etwa der heutigen Humusoberkante zu entsprechen; durch postneolithische Beackerung und Waldwirtschaft ist der oberste Teil dieser Schicht heute gekappt (Völkel 2005). Wegen schlechter Erhaltungsbedingungen im Sand und Kies haben sich leider auch in den Schachtverfüllungen keine botanischen Reste erhalten. Die Untersuchungen von Sedimentproben durch N. Petrosino, Universität Regensburg, erbrachten lediglich einige kleine Holzkohlepartikel. Bei den von O. Nelle, Universität Kiel, bestimmten Holzkohlen aus drei Schächten dominiert die Kiefer; das entspricht den Beobachtungen, die N. Petrosino im nächstgelegenen Pollenprofil aus dem Sippenauer Moor machen konnte. Obwohl zahlreiche Fragen nach den Eingriffen in die Natur durch die Hornstein abbauenden Neolithiker noch nicht hinreichend beantwortet werden können, geben die bisherigen Erkenntnisse der Ausgrabungen erste Hinweise auf die Abbauprozesse der untertägigen Hornsteinausbeute in Arnhofen. Die alten Schächte scheinen relativ rasch immer wieder mit dem Aushub des neuen Schachtes zugefüllt worden zu sein. Zahlreiche Holzkohlefragmente in den Verfüllungen lassen Brandrodung im Zuge der Ausbeute dieser Lagerstätte vermuten. Die Größe des Bergwerks beträgt nach Schätzungen zwischen etwa 12 (nach Binsteiner) und 50 ha (nach Grillo). Die neuen magnetischen Prospektionen durch J. Fassbinder belegen Dunkelbaue auch in einem bislang nicht bekannten Areal, so dass man heute mit etwa 20.000

Schächten rechnen darf. Der damit verbundene anthropogene Eingriff in die Landschaft im Laufe von etwa 1500 Jahren dürfte gewaltig gewesen sein. Die Oberfläche des mindestens 1000 x 1200 m großen Abbaureviere war sicher jahrhundertlang nicht mehr für eine landwirtschaftliche Nutzung brauchbar und eine spezifische Flora wird sich angesiedelt haben. Das Zufüllen der Schächte, damit verbundene Sackungserscheinungen und nachträgliches Durchwühlen der Haldenlandschaft dürfte zu einer sehr unebenen Oberflächengestalt nach Art einer Pingenlandschaft geführt haben, die erst im Zuge größerer land- und waldwirtschaftlicher Nutzung in der Neuzeit nivelliert worden ist.

Die Bedeutung von Umwelt- und Landschaftsveränderungen und deren Wechselwirkung im Siedlungsgefüge sind in den vergangenen Jahren verstärkt in den Fokus der prähistorischen Forschung gerückt (Hänsel 1998, Niller 1998, Schauer 2001, Leopold 2003, Völkel 2005). Das beginnt bereits in der ältesten Phase des Neolithikums mit der Linienbandkeramik und dem nachfolgenden Südostbayerischen Mittelneolithikum. Der Bergwerksbetrieb in Arnhofen mit vermutlich mehreren zehntausend Schachtanlagen, damit einhergehenden Brandrodungen, Abgrabungen und Aufschüttungen bedeutete für eineinhalb tausend Jahre zwischen etwa 5.500 und 4.000 cal BC eine gravierende Landschaftszerstörung in der Dünenlandschaft im Abensberg-Pullacher Becken. Geradezu zwangsläufig führte dieser Eingriff zu Erosion und kolluvialer Sedimentation, mit der eine Nivellierung der Oberfläche einherging. Was das für kommende Generationen bedeutet haben mag, lässt sich kaum abschätzen.

Der Weltenburger Frauenberg: Besiedlung und Befestigung in der Bronze- und Urnenfelderzeit

Die Forschungen der Kreisarchäologie Kelheim auf dem Frauen-, Wurz- und Arzberg oberhalb des Klosters Weltenburg zwischen 1990 und 2005 (Abb. 2) haben verschiedene Besiedlungsphasen belegt (Rind 1999 und 2006).

Nachdem sich auf dem Plateau des Frauenberges am Ende der frühen Bronzezeit (Stufe Bz A2/B1) eine größere noch nicht befestigte Siedlung befand, die über weitreichende Kontakte verfügte, wurde in der mittleren Urnenfelderzeit (Stufe Ha A2) der Bergrücken mit mehreren Abschnittsbefestigungen versehen, deren längste heute noch mehr als einen Kilometer Länge aufweist (Rind 1999, 192-211). Die mindestens zweiphasige Befestigung des äußeren Walles wurde durch Schadfeuer zerstört. Ob sich zu diesem Zeitpunkt, nach den ¹⁴C-Daten etwa um 1150 v. Chr., überhaupt eine Siedlung größeren Ausmaßes auf dem Berg befunden hat, ist sehr fraglich.

Erst in der späten Urnenfelderzeit (Stufe Ha B) ist von einer Aufsiedlung mit mehreren um-

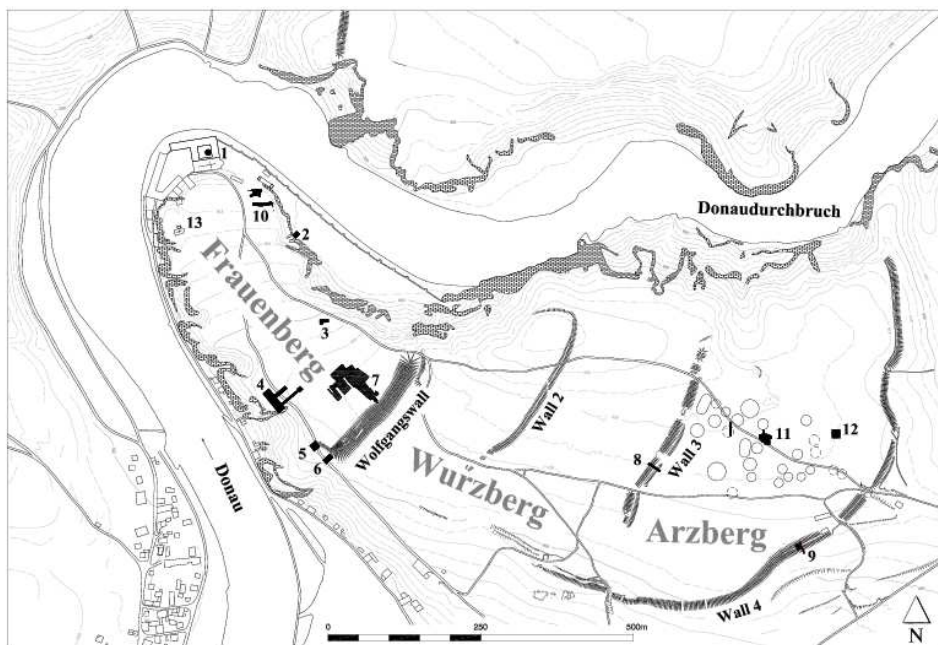


Abbildung 2: Weltenburg-Frauenberg, Lkr. Kelheim. Abschnittswälle und Grabungskampagnen bis zum Jahr 2005.

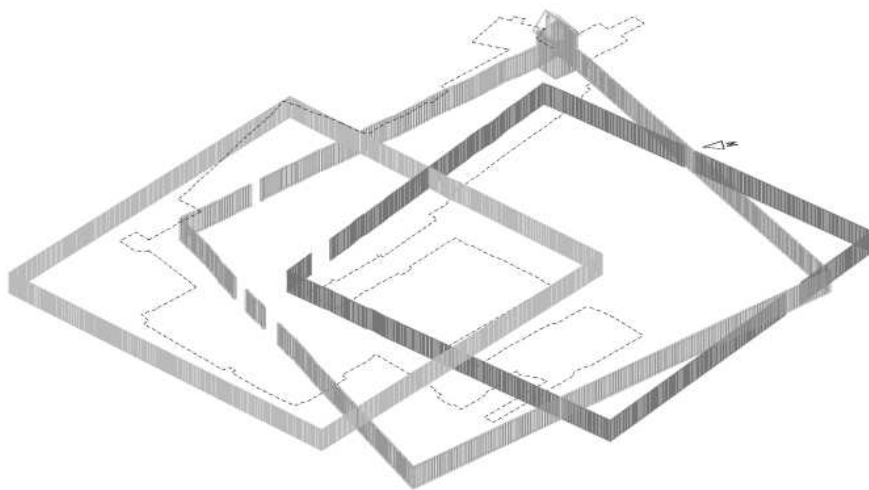


Abbildung 3: Weltenburg-Frauenberg, Lkr. Kelheim. Rekonstruktionsversuch der späturnenfelderzeitlichen Gehöfte.

grenzten rechteckigen Gehöften auszugehen (Abb. 3), sozusagen eine Siedlung in einer ruinösen, zerstörten Anlage und Vorläufer der erst für die spätere Hallstattzeit charakteristischen so genannten „Herrenhöfe“ (Rind 2006, 30-63). Das größte späturnenfelderzeitliche Hofareal hatte ursprünglich Ausmaße von etwa 59 x 64 m. In der Südostecke dieses leicht trapezoiden Gevierts deuteten Palisadenstellungen vermutlich einen 3,5 x 3,5 m großen hölzernen Turm an. Die Größe der zweiten Anlage lässt sich mit etwa 50 x 50 m Größe rekonstruieren. Bei einem durchschnittlichen Pfostendurchmesser von ca. 21,6 cm ergeben sich für den Bau dieses Gehöfts etwa 864 Pfosten. Das dritte Grabengeviert ähnelte in der Größe der zweiten Anlage. Für die etwa 2500 m² umfassende Konstruktion benötigte man ca. 1055 Pfosten. Leider ließen sich keine Gebäudegrundrisse im Inneren der eher bäuerlich erscheinenden Gehöfte rekonstruieren. Aber der enorme Holzbedarf deutet große Eingriffe in den urnenfelderzeitlichen Waldbestand an.

Besondere Aufmerksamkeit schenkte Hans-Peter Niller den Landschaftsveränderungen am Arzberg im Bereich des äußersten Walles. Seinen bodenkundlichen Untersuchungen zufolge gab es verschiedene anthropogene Landschaftsveränderungen im Umfeld der Befestigung, die sich vor allem in kolluvialen Verlagerungen zeigten (Niller 1998). Unter den Wällen fand er Belege für eine älteste Bodenerosionsphase, d.h. die Wälle wurden auf bereits anthropogen verlagerten Materialien errichtet. Diese älteste Bodenerosionsphase, die bisher nur lokal belegbar ist, dürfte um oder kurz vor der Wende zur mittleren Bronzezeit datiert werden. Zwischen den beiden mittelurnenfelderzeitlichen Mauerbauphasen ließ sich eine weitere Bodenerosionsphase belegen.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die anthropogene Nutzung zu hochgradiger Zerstörung der natürlichen, auf Löss entstandenen Parabraunerden führte. Demzufolge scheint die Landschaft in der Bronze- und Urnenfelderzeit durch menschliche Nutzung so nachhaltig verändert bzw. gestört worden zu sein, dass mehrere Erosionsphasen einsetzen konnten. Die Anlage von Siedlungen und Befestigungsanlagen führte zwangsläufig zur Rodung der nahen Waldbestände. Dementsprechend müssten die Holzbestände der näheren Umgebung nach einer intensiven Besiedlung über mehrere Generationen bald aufgebraucht gewesen sein. Zudem dürfte intensive Beweidung und Viehwirtschaft zu einer gravierenden Veränderung des Ökosystems geführt haben. Leider finden sich meist nur selten Belege für derartige Eingriffe wie das Schneiteln, die Laubfütterung und die Eichenmast in Wäldern. Durch die über mehrere Generationen betriebene Siedlung an einem Ort und die dementsprechende Ausbeute der natürlich vorhandenen Ressourcen wurde das Umfeld vermutlich relativ rasch unattraktiv. Das führte zwangsweise zur Verlagerung der Siedlung an einen anderen Platz (siehe Kossack 1982). Das würde erklären, weshalb sich auch für die Weltenburger Befestigung immer wieder Hiaten zwischen den einzelnen intensiven Siedlungsphasen konstatieren lassen; dies gilt insbesondere für die mittlere und späte Bronzezeit (Bz C/D),

die frühe Urnenfelderkultur (Ha A1), die Hallstattzeit (Ha C/D), aber auch für die mittlere und späte Latènezeit (LT C/D).

Obwohl sich in Weltenburg keine Volumenbilanzierung errechnen ließ wie z.B. an der Vierckschanze von Poign, Lkr. Regensburg (Leopold 2003, Völkel et al. 1998), zeigten die Untersuchungen der Grabungsflächen von 1997 (Hensch in Rind 2006, 401-418) die enormen Ausmaße der Erosion: ein mehr als einen Meter mächtiges Kolluvium mit Funden nahezu aller Siedlungsphasen lag über Eisenschmelzöfen des 10. Jhs. n. Chr. (Rind 2000). Der Bergsporn war demzufolge vor etwa tausend Jahren ein Felsklotz ohne Bewuchs, auf dem sich erst nach der Nutzung im Frühmittelalter und der kolluvialen Verlagerung wieder Sedimente anlagern und eine Humusdecke bilden konnten. Über längere Zeiträume hinweg war allerdings das Terrain zumindest landwirtschaftlich nicht nutzbar.

Resümee

Diese beiden Beispiele aus einem kleinräumigen Arbeitsbereich zeigen bereits, dass der prähistorische Mensch trotz unterschiedlichster Zeitstellung und Kulturzusammenhänge dem Landschaftsbild offensichtlich kaum eine Bedeutung beimaß und er seine Umwelt gnadenlos ausbeutete. Dabei durchschaute er die Faktoren, die zum Wandel der Landschaft führten, wohl nicht (Kossack 1995, 45).

Obwohl die landschaftlichen Voraussetzungen für die Entwicklung erster protourbaner Strukturen im Unteren Altmühltal und im angrenzenden Donaauraum ideal waren und sich erste Ansätze herrschaftlicher Strukturen mit der Besiedlung der Höhen abzuzeichnen scheinen, geht diese Entwicklung im bayerischen Donaauraum nicht kontinuierlich weiter. In der Hallstattzeit werden die fortifikatorisch günstigen und repräsentativen Höhengitze zwischen dem Ipfer Berg und der Donauregion bei Passau nicht besiedelt, hier finden sich lediglich kleine Herrenhöfe. Wenngleich sich der Grund dafür derzeit noch nicht hinreichend erschließt, lässt sich doch vermuten, dass die Ausbeute der Ressourcen in der vorausgehenden Urnenfelderzeit die Ursache dafür gewesen sein könnte. Dies hat vermutlich dazu geführt, dass die Höhenlagen durch permanenten anthropogenen Eingriff für einige Jahrhunderte unattraktiv für Siedlungszwecke geworden sind. So blieben die Versuche, bäuerliche Lebensweise mit herrschaftlicher Verfassung zu verbinden, ebenso Episode wie erste Ansätze zu urbaner Organisationsform und das wohl nicht nur, weil man vom personenbezogenen Schicksal führender Geschlechter abhing (Kossack 1992, 104), sondern auch wegen der unkontrollierten Ausbeute der Landschaft, die zu ständiger Siedlungsverlagerung zwang. Während man bislang davon ausging, dass Höhengitze aufgegeben worden seien, weil die Gesellschaft noch nicht reif genug war, um urbane Gemeinwesen mit örtlichen Macht-

zentren auszubilden (Kossack 1992, 105), legt der durch die bodenkundlichen Analysen am Weltenburger Frauenberg belegte Einfluss des Menschen nahe, dass seine eigenen Landschaftseingriffe auch ursächlich für die Aufgabe von Siedlungen gewesen sein dürfte (Niller 1998).

Ähnliches könnte für die Aufgabe des spätkeltischen Oppidums Alkimoennis gelten (Abb. 4), wo der Raubbau auf Holz und Erz im 2. und 1. vorchristlichen Jahrhundert zu einer Verödung einer 650 ha großen Landschaft auf dem Michelsberg zwischen Donau und Altmühl führte (Rind 2009, 177-178).

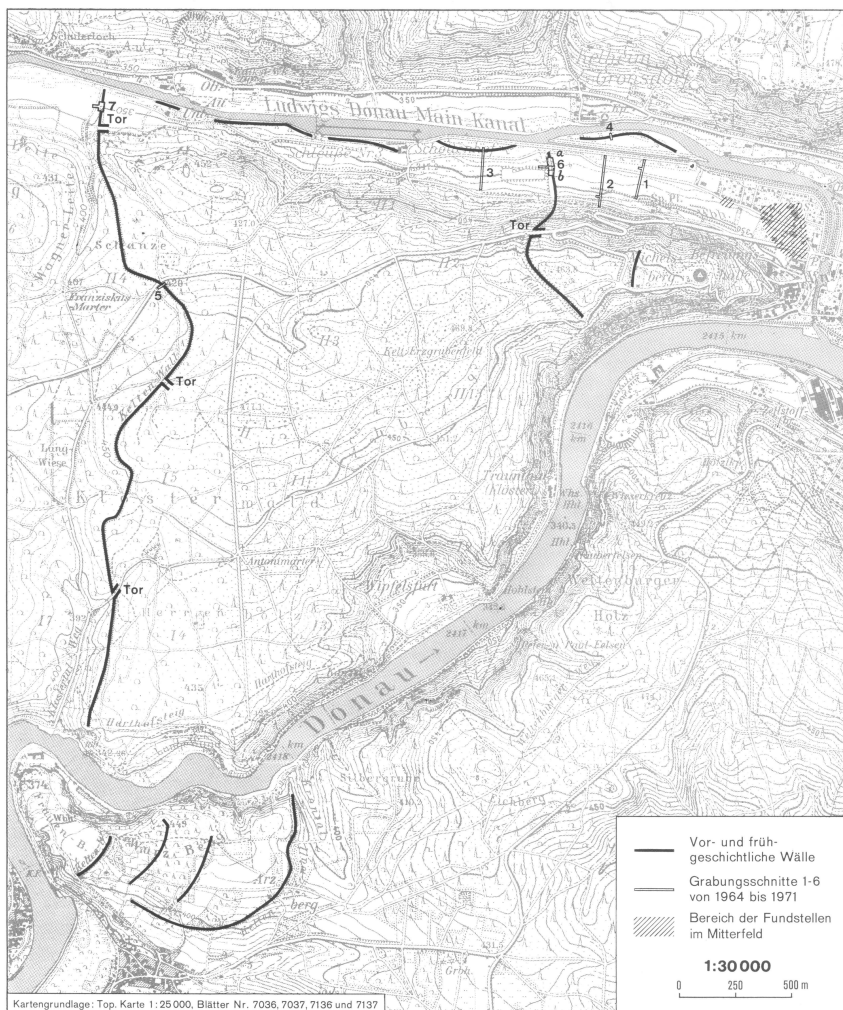


Abbildung 4: Abschnittsbefestigungen des keltischen Oppidums Alkimoennis auf dem Kelheimer Michelsberg.

Obwohl frühe anthropogene Landschaftseingriffe im Altmühltal bereits auf Karl den Großen zurückgehen, der mit dem Bau des Fossa Carolina eine künstliche Verbindung zwischen Main und Donau schaffen wollte, greift der Mensch gestalterisch erst in der Neuzeit umfassend in die Kulturlandschaft ein, wie das Beispiel des bayerischen Königs Ludwig I. beim Bau der Befreiungshalle zeigt: Die Standortwahl am Zusammenfluss von Donau und Altmühl war zwar einerseits beeinflusst von der immer noch kargen Karstlandschaft, die an Griechenland erinnert, aber andererseits plante man gezielt landschaftliche Eingriffe durch die massive Aufforstung mit Eichen und Buchen, die noch heute die Landschaft prägt, aber ein völlig anderes Bild vermittelt als die Landschaft zuvor (Paula/Liedke/Rind 1992, 244). Das zeigt sich unweit von der Befreiungshalle auch in der Umgebung der Walhalla im Donautal. Dort hat sich die typische Karstlandschaft (Abb. 5), die Auftraggeber und Architekt kannten, in den letzten 170 Jahren durch zunehmende Aufforstung grundlegend verändert. Das führt zu der Frage, welcher Zustand eigentlich der ideale ist. Der Kunsthistoriker Jörg Traeger drückte dies 1987 so aus: „Die Monumentalbauten Ludwigs I. sind zwar zum großen Teil intakt und unterliegen als solche der staatlichen Denkmalpflege. Aber ihr ursprüngliches Umfeld hat sich nicht erhalten. Der ästhetische und geistige Zusammenhang erscheint heute zumeist gestört oder gar zerstört“ (Traeger 1987, 18).



Abbildung 5: Historische Ansicht von Salvatorkirche und Walhalla im Donautal. Ölgemälde Leo von Klenze 1839 mit typischer Karstlandschaft.

Literatur

Hänsel, B. (Hrsg., 1998): Mensch und Umwelt in der Bronzezeit Europas.

Kossack, G. (1982): Ländliches Siedlungswesen in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. – Offa 39: 271-279.

Kossack, G. (1992): Siedlungsarchäologie als Weg zur Kenntnis von Leistungszusammenhängen bei agrarisch wirtschaftenden Verbänden in prähistorischer Vergangenheit. – In: 5. Heidenheimer Archäologie-Colloquium „Frühe Eisenzeit auf der Ostalb“. 2. Verleihung des Kurt-Bittel-Preises der Stadt Heidenheim für Süddeutsche Altertumskunde: 90-111; Heidenheim.

Kossack, G. (1995): Kulturlandschaft und Naturkatastrophe. – Siedlungsforschung 13: 31-50.

Leopold, M. (2003): Multivariate Analyse von Geoarchiven zur Rekonstruktion eisenzeitlicher Landnutzung im Umfeld der Viereckschanze von Poign, Lkr. Regensburg. – Regensburger Beitr. zur Bodenkunde, Landschaftsökologie und Quartärforschung 2; <http://epub.uni-regensburg.de/10083/>.

Niller, H.P. (1998): Prähistorische Landschaften im Lößgebiet bei Regensburg - Kolluvien, Auenlehme und Böden als Archive der Paläoumwelt. – Regensburger Geographische Schriften 31; Regensburg.

Paula, G., Liedke, V. & Rind, M.M. (1992): Landkreis Kelheim. – Denkmäler in Bayern II. 30; München-Zürich.

Rind, M.M. (1989): Siedlungsarchäologie im unteren Altmühltal. – In: Vorträge des 7. Niederbayrischen Archäologentages: 49-84.

Rind, M.M. (1999): Der Frauenberg oberhalb Kloster Weltenburg I. – Regensburger Beiträge zur Prähistor. Archäologie 6, Höhenbefestigungen der Bronze- und Urnenfelderzeit; Regensburg.

Rind, M.M. (2000): Eisenschmelzöfen aus der Zeit der Ungarnkriege vom Weltenburger Frauenberg. – In: Rind, M.M. (Hrsg.): Geschichte ans Licht gebracht - Archäologie im Landkreis Kelheim 3: 165-173.

Rind, M.M. (2006): Der Frauenberg oberhalb Kloster Weltenburg II. – Regensburger Beiträge zur Prähistor. Archäologie 16, Höhenbefestigungen der Bronze- und Urnenfelderzeit; Regensburg. Mit Beiträgen von A. von den Driesch, A. Kadereit, M. Hensch, M. Leopold, H.-P. Niller, N. Petrosino, W. Scharff und J. Völkel.

Rind, M.M. & Roth, G. (2007): Ausgrabungen in Deutschlands größtem Feuersteinbergwerk. Archäologie in Deutschland 4/2007: 8-13.

Rind, M.M. & Sandner, R. (2008): Archäologiepark Altmühltal - Ein Reiseführer in die Vorzeit; Regensburg.

Rind, M.M. (2009): Die Kelten im Alpenvorland. – In: Bonk, S. & Schmid, P. (Hrsg.): Bayern unter den Römern: 161-181.

Schauer, P. (Hrsg., 2001): Beiträge zur Siedlungsarchäologie und zum Landschaftswandel. Regensburger Beiträge zur Prähistorischen Archäologie. 7; Regensburg.

Traeger, J. (1987): Der Weg nach Walhalla; Regensburg.

Völkel, J. (2005): Heutige Einflüsse des historischen Bergbaues auf Landschaft und Böden. – Tagungsband Internationales Symposium „Change – Landschaft und Energie“ 09. und 10. Juni 2005: 65-71; Cottbus.

Völkel, J., Raab, A., Raab, Th., Leopold, M. & Simm, H. (1998): Methoden zur Bilanzierung spätlatènezeitlicher Bodenerosion am Beispiel der Viereckschanze von Poign, Lkr. Regensburg. – In: Archäologische Forschungen in urgeschichtlichen Siedlungslandschaften. Regensburger Beiträge zur Prähistorischen Archäologie 5: 541-558; Regensburg.

Geomorphological and geoarchaeological evidence for considerable landscape changes at the coasts of western Turkey during the Holocene

H. Brückner, R. Urz & M. Seeliger

Abstract

Considerable landscape changes took place at the coasts of western Turkey during the Holocene. This is exemplified with three famous ancient harbour cities: Miletus, Ephesos and Elaia, the harbour city of Pergamon. In this context new scenarios are presented for the progradation of the Büyük Menderes and the Küçük Menderes deltas, supplemented by first results of shifts in the shoreline in the Bay of Elaia. The examples also show the strategy and design of geoarchaeologic research in coastal contexts.

Keywords: Geoarchaeology, coastal research, Miletus, Ephesos, Pergamon, Elaia, Artemision, ancient harbours.

1 Introduction

During the Last Glacial Maximum (LGM) around 20,000 years before present (20 ka BP), sea level was c. 120-130 m below its present position (b.s.l.). Several of today's islands were by then connected with the mainland (e.g., those off the west coast of Turkey like Samos and Lesbos). As an effect of the following global warming, deglaciation led to a rapid sea level rise between 15 and 7 ka BP. This late Pleistocene – early Holocene transgression changed all coastal areas dramatically, thus creating islands on the one side and far inland reaching ma-

rine embayments and indentations on the other. Famous examples for this dramatic landscape change are known from the Aegean coast of Turkey. In the case of the Küçük Menderes (ancient name: *Kaystros*) with Ephesos as the most prominent ancient city, the transgression peak was traced c. 18 km inland in the area of Belevi; in the case of the Büyük Menderes (*Maiandros*) with the ancient city of Miletus it probably reached c. 50 km inland, nearly up to Aydın.

With the strongly decelerated sea level rise after 7 ka BP, the rivers started to build out their deltas, thereby gradually silting up the marine gulfs. Today, many of the ancient harbour cities are landlocked, with the ruins of Ephesos and Miletus being about 7 km and 12 km inland, respectively. The delta progradation was primarily dependent on the amount of sediments provided by river discharge and longshore drift and also on the sea level fluctuations; the tectonic setting played a third role since both valleys are located in grabens and several earthquakes are known from historic accounts.

It was the aim of our geoarchaeological study to decipher the landscape changes in space and time, especially the phases of delta progradation since they had a major impact on the harbour siltation and thereby strongly affected the human settlement activities.

2 Geoarchaeological research in a coastal context

Geoarchaeological research deals with the exploration of geo-bioarchives in an archaeological context with the methods of geography and geosciences in order to reconstruct the evolution and use of former landscapes and ecosystems, especially with regard to the man-environment interactions (cf. Brückner & Gerlach 2007, Brückner & Vött 2008). This interdisciplinary science *par excellence* merges contents, methods and perspectives of natural sciences on the one side – such as Physical Geography (e.g., Geomorphology, Soil Sciences, Geoecology, Biogeography) and Geosciences (e.g., Geology, Mineralogy, Sedimentology, Geophysics, Geochemistry) – with Humanities on the other – (e.g., Archaeology, Prehistory, Historical Sciences, Ancient Oriental Studies, Human Geography) (Fig. 1).

A geoarchaeological research context often affords a three-stepped approach. In the first step, geophysical methods (geomagnetics, georadar, geoelectric tomography, etc.), are applied. Each of them renders a special image of the research area, the (geo)archaeologic interpretation of which needs to be verified or falsified. This can in the second step be done, e.g., by coring. In low-lying areas with a high groundwater table, such as alluvial plains and deltas, coring is the most effective and least costly way (e.g., with vibracorer Cobra pro, Atlas Copco Co.). If the coring results are promising from an archaeological point of view, then excavation may follow as the third step. This is, however, the most expensive and time-consuming part, all the more since a high groundwater table often affords a well-point system. The typical coring profile of a coastal geo-bioarchive (coastal plain, delta plain, lagoon)

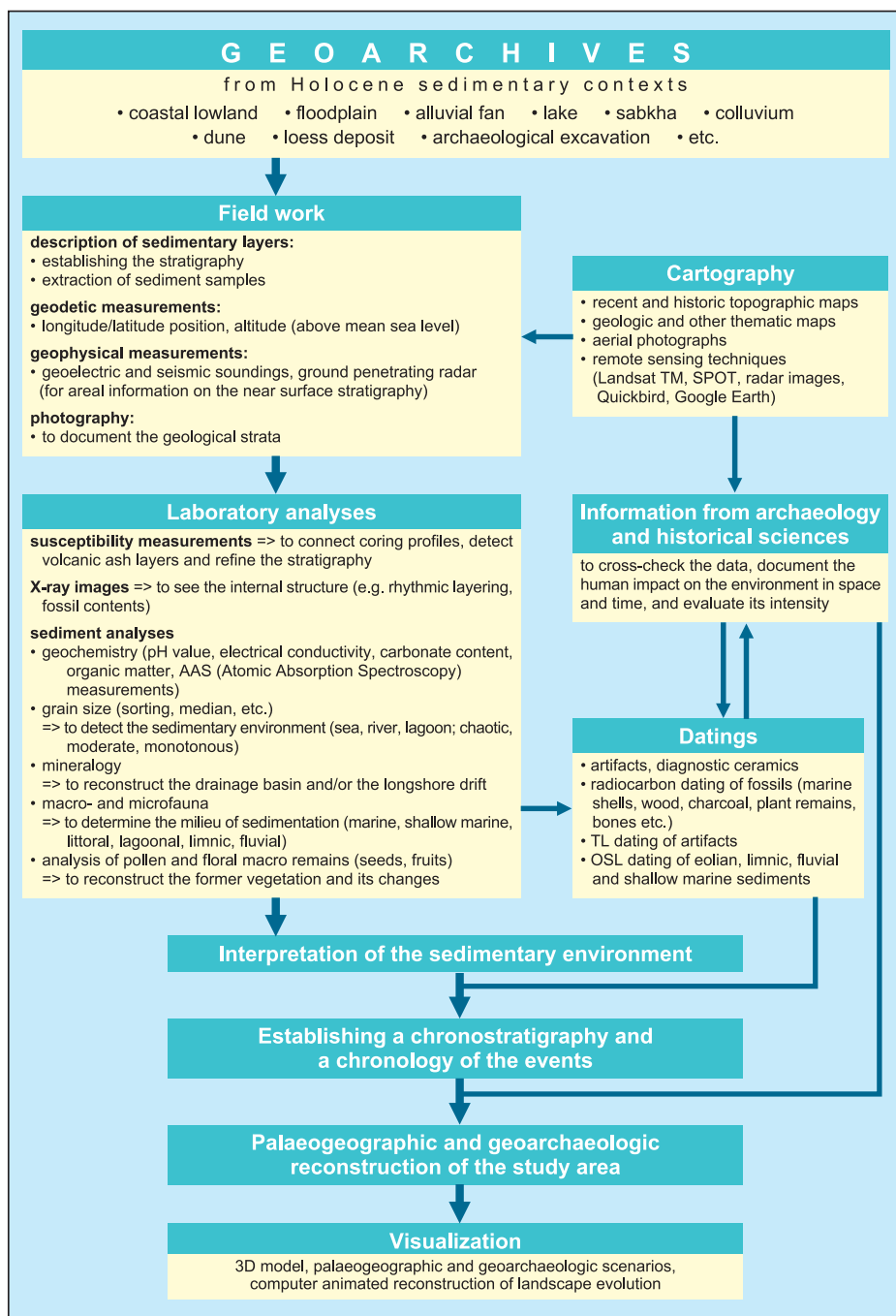


Figure 1: Geoarchaeologic research design. Geoarchives are studied with the methods of different sciences. The chronology is based on radiometric dating (^{14}C , OSL), diagnostic ceramics, and historical sources. It is the final aim to reconstruct the temporal and spatial evolution of the palaeogeographies and the cultural milieus, including, if possible, a computer animated visualization. Source: Brückner 2003, modified.

on, coastal lake, beach ridge, swale, etc.), is as follows (see also the schematic profiles in Fig. 3a): The erosional disconformity between bedrock and littoral sediments represents the abrasion platform which evolved in the course of the Holocene transgression. Beach deposits (pebbles, sands) are evidence of the first, i.e. the landward, transition of the shoreline at the coring site. Then follow shallow marine facies (silts). With continued sea level rise and growing water depth, the sedimentation rate at a given site is low. However, when the human impact on the ecosystems became stronger, the sedimentation rate was accelerated. The regression facies is either another beach deposit (pebbles, sands), or a lagoonal one (clays); the latter is the case if a beach ridge formed seawards of the coring site. This marks the second, i.e. the seaward, transition of the shoreline. The strata are topped by alluvium (loam) after the delta front had passed by and the coring site was integrated into the delta plain and later into the alluvial plain of the lower river course. The just described “normal” stratigraphy may be disturbed by sea level fluctuations, e.g. due to seismic, tsunami or storm events. The tools to decipher the different milieus of sedimentation are granulometry, geochemistry (Vött et al. 2002) and analysis of the microfauna (Handl et al. 1999). Especially the determination of foraminifera and ostracoda assemblages are very useful in the discrimination of marine, shallow marine, littoral, lagoonal, limnic and fluvial environments. The coring results can also be used to reconstruct the local sea level curve for a given site. This is important since sea level is a major factor for the position of the shoreline which in turn plays a major role in the colonisation of coastal areas. In a sedimentary context where bio-indicators cannot be found, one of the very few useful sea level indicators is coastal peat. For an in-depth discussion on this subject see Brückner et al. (2010).

3 Case studies

3.1 The Büyük Menderes delta and Miletus

The following is based on geoarchaeological research in the lower Büyük Menderes valley and its delta, especially in the environs of Miletus (Brückner 2003, Brückner et al. 2002, 2004, 2006, accepted, Müllenhoff 2005, Müllenhoff et al. 2009).

3.1.1 Scenario for the delta progradation

Studying the alluvial plain of the lower river course, especially around the ancient harbour cities of Myous, Priene and Miletus, and the delta area, combined with evidence from archaeology as well as literary sources, led to a completely new scenario for the progradation of the Büyük Menderes (*Maiandros*) delta since 1500 BC (Brückner et al. 2004, Müllenhoff 2005; cf. Fig. 2). Table 1 shows the historical and palaeogeographical changes in a synoptic view.

Table 1: A brief history of Miletus and its environs. Compiled from different sources (cf. Brückner et al. 2006: Tab. 2) **sensu* Parzinger (1989), + *sensu* Niemeier (2007).

Time	Historical and palaeogeographical changes
3500 – 3000 BC	<u>Late Chalcolithic period</u> : first settlement phase (Miletus I)* → <i>Postglacial sea level rise had formed the Milesian archipelago, climax vegetation dominated by deciduous oak forests</i>
3000 – 2000 BC	<u>Early Bronze Age Miletus</u> : (Miletus II)+ → <i>Highest position of local sea level, reduction of settlement area</i>
2000 – 1100 BC	<u>Minoan-Mycenaean Miletus</u> : (Middle to Late Bronze Age, Miletus III – IV)+: founded by settlers from Crete, destruction of Mycenaean fortification in 12th century BC → <i>Intense degradation of vegetation due to increasing anthropogenic impact (among others: introduction of the goat), gradual decline of natural fauna, material from denudation and longshore drift together with a slight marine regression initiated transition of the archipelago to the Milesian Peninsula</i>
Since 1050 BC	<u>Protogeometric-Geometric Miletus</u> : colonisation by Ionians due to excellent natural harbours → <i>Definite connection of the archipelago with the adjacent southern flank of the Maeander graben</i>
7th – 6th century BC	<u>Archaic Miletus</u> : political, economical and cultural prosperity, foundation of more than 80 colonies (Black Sea region, Marmara Sea region, etc.); Thales, Anaximander, Anaximenes, Hekataios work in Miletus; second half of 6th century BC: enlargement of city centre by man-made infill, re-planning in a new grid system → <i>Continued degradation of the ecosystem, palynological analyses prove increase in maquis elements and indicators of human impact, siltation especially north of Kalabak Tepe due to strong erosion and denudation processes</i>
494 BC	Naval battle of Lade, victory of the Persians, total defeat, destruction of the city
After 479 BC	<u>Classical-Hellenistic Miletus</u> : building of new city by enlargement of Late Archaic grid system (“Hippodamian grid”); industrial processing of wood and wool, metallurgic industry → <i>Continuation of the palaeogeographic changes as before</i>
64 BC – 4th century AD	<u>Roman Miletus</u> : new economic growth, renovation of theatre in 1st/2nd century AD, dredging of Theatre Harbour → <i>Vegetation dominated by maquis and phrygana, Milesian Peninsula endangered by prograding Maeander delta, accelerated siltation of the Lion and Theatre harbours</i>
4th cent. AD – 1327 AD	<u>Byzantine Miletus</u> : Episcopal See, erection of castle; gradual decline, also due to siltation → <i>Increased siltation by Menderes alluvium, gradual integration of Milesian Peninsula into the floodplain</i>
1327 AD – beginning of 20th century AD	<u>Islamic Miletus</u> : part of Emirate of Menteşe, later of Osmanic Empire; total decline of the city → <i>Definite siltation of all harbours, loss of access to the open sea</i>

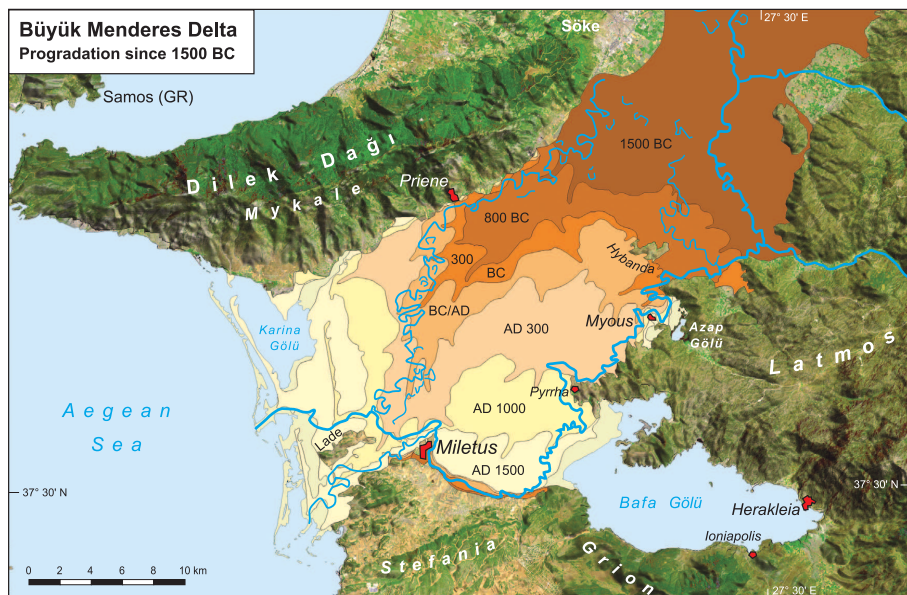


Figure 2: Scenario for the progradation of the Büyük Menderes (*Maiandros*) delta since 1500 BC. Today, the former harbour cities Myous, Priene, and Miletus are many kilometres inland. Azap Gölü and Bafa Gölü are remnants of the former Latmian Gulf. Sources: Brückner et al. 2004, Müllenhoff 2005.

3.1.2 Environmental change in the area of Miletus

Many corings clearly revealed that during the maximum of the Holocene transgression – in this case c. 2500 BC – the area of the later city of Miletus was an archipelago within the Latmian Gulf, consisting of five islands: the main one with Humei Tepe, Kale Tepe and a deep indentation which later hosted the Lion Harbour; islands to the south and north of the later Temple of Athena; two smaller islands east of Humei Tepe (Fig. 3a).

The maximum inland shoreline can be well determined where later the Temple of Athena was erected (Figs. 3b-f). In this context coring MIL 231 is very revealing (Fig. 3c). Bedrock (limestone) is topped by the transgression shoreline with traces of Miletus I, the earliest settlement phase dating to the Late Chalcolithic period (c. 3500-3000 BC; Tab. 1). The continued rise in sea level caused a marine flooding of many areas of Miletus I during the settlement phases Miletus II and III (Early and Middle Bronze Age). The following regression made settling at the site of MIL 231 possible once again during Miletus IV, documented by the regression shoreline and a Late Bronze Age wall. MIL 233 (Fig. 3f), cored more or less on the former beach, shows transgression-littoral facies from 1.40 to 0.25 m b.s.l. (below present mean sea level). These results are in good agreement with the archaeological finds of a strong wall close-by, dating from the Middle Bronze Age; it can now be interpreted as part of the seaward city wall of Miletus III (Niemeier 2007).

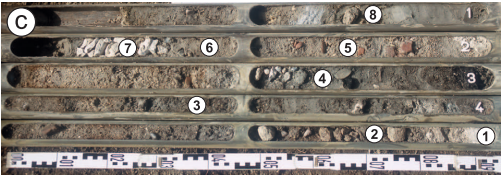
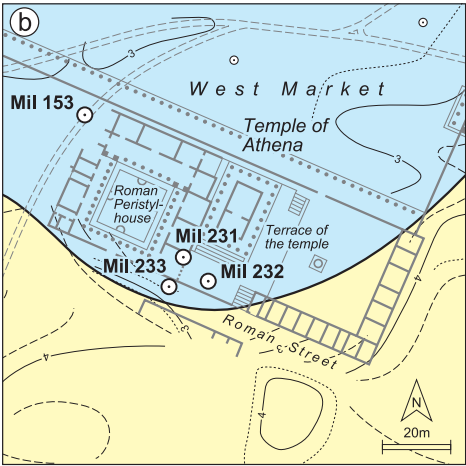
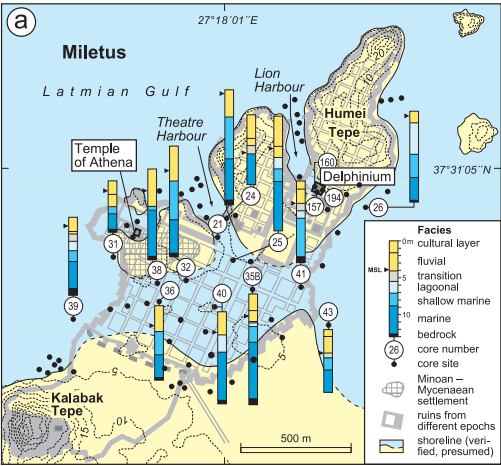
One of the most prominent places of Miletus was the Delphinium, the sanctuary of Apollo Delphinus (Fig. 4). So far, the earliest *in situ* finds in connection with the Apollo Delphinus cult date back to the 6th century BC (Herda 2005, Müllenhoff et al. 2009). Due to its topographic setting and the high groundwater table it is nowadays all year round a wet place (Fig. 4b). Therefore, coring is the best method to reveal the subsurface strata.

That the site of the later Delphinium has a long tradition is evidenced by the fact that several of the corings brought to light hints for a Late Chalcolithic (Miletus I) settlement (Figs. 4c-d). As in the case of the Temple of Athena, the area was afterwards flooded by the sea (Fig. 4a), which covered the Miletus I occupation layer with shallow marine sediments (Fig. 4c). It seems that at the beginning of the transgression people were fighting the rising sea level, because in MIL 194 anthropogenic structures are found on top of the transgression facies (Fig. 4d). A ¹⁴C-dated piece of charcoal at 2.31 m b.s.l. confirms the Late Chalcolithic age (3353-3103 cal BC, MIL 194/14HK).

The marine strata are covered by several cultural layers (Fig. 4d). At some places their lower part can be explained as infill material in order to consolidate the terrain before the erection of the heavy stone architecture of the Delphinium. As can be shown from diagnostic artifacts, the earliest finds in connection with the cult date from the 6th century BC (Archaic period). A piece of wood at 0.90 m b.s.l., directly below the cultural strata, dates to 812-673 cal BC (MIL 194/6H). Therefore, even a Submycenaean or (Proto-) Geometric predecessor of the sanctuary cannot be excluded (Herda 2005).

Famous is the Milesian Peninsula during antiquity, the contours of which are visible in Fig. 3a. Strabon (Geographia 14.1.6) mentions that the city had four harbours: the Lion Harbour and the Theatre Harbour are still well recognizable, the third one is presumed in the area of the Temple of Athena, the fourth harbour must have been in the eastern part of the Milesian Peninsula in a leeward position to winds and waves from the west and the north. As a matter of fact, a harbour gate was unearthed in 2011 by Helga Bumke (University of Halle) at the eastern indentation of Humei Tepe (details in Brückner et al., accepted).

How did the former Milesian archipelago change to a peninsula? This definitely occurred before the Archaic times as evidenced by the course of the Archaic city wall (Fig. 3a). One sediment source is the denudated material from the adjacent slopes of the Stefania plateau to the south, another one are sands washed onshore by the longshore drift, thus forming spits and barrier beaches. Important is also the fact that man dumped sediments into still wet places in order to consolidate the terrain. This may especially have been the case after earthquakes. It is only after Roman times that the Menderes delta reached the city. Thus, the Maiandros did not have anything to do with the landscape change from archipelago to peninsula. Thereafter, however, it was the major agent for the silting up of the whole area and the total integration of the peninsula into the floodplain (Brückner et al. 2006).



- Coring Mil 231, Temple of Athena area**
- 8 Cultural debris
 - 7 Wall (Late Bronze Age, Miletus IV)
 - 6 Semiterrestrial facies
 - 5 Littoral facies, with rounded ceramic fragments (Miletus III)
 - 4 Shallow marine facies, with rounded ceramic frgts. (Miletus II-III)
 - 3 Marine facies
 - 2 Transgression facies, with ceramic fragments (Late Chalcolithic, Miletus I)
 - 1 Bedrock (limestone of the Nergiztepe formation)

(d) Mil 153
Between the Temple of Athena and the Heroon II

m a.s.l./b.s.l.	m b.s.	Remarks	Facies
2.88			
2		Sl, light brown, with cultural debris	alluvial sediments with cultural layers
1	1.15	Ls, olive brown, with stones (limestone, mica schist, quartz) and cultural debris (ceramics, charcoal, eating debris)	
0		Ls, grey, with lots of limestone pebbles	
-1	3.46	mS-gS, blackish grey, with limestone pebbles, ceramics, wood and bone fragments	littoral (with cultural debris)
	3.55	gS with massive cultural debris (pebbles, ceramics, eating debris)	
-2	4.63	loss of sediment	
-3	5.15	fS, light grey, well sorted, some limestone pebbles and marine fossils	shallow marine
	5.87	fS, massive layer of limestone pebbles	
-4	6.10	fS, medium grey, rich in sea grass and marine fossils, wood fragments at 6.28 and 6.37	
-5	7.00	Sl, light grey, rich in sea grass and marine fossils, single wood fragments	transgr.
-6	9.10	mS-gS, with rounded limestone gravel, <i>Venus verrucosa</i> at 9.10	
-7	9.53	Ut, dark brownish grey, rich in edged limestone pebbles	
<p>○ ¹⁴C ages: wood (0.87 m b.s.l.): 1734-1604 cal BC (Mil 153/6H) wood (3.49 m b.s.l.): 1963-1774 cal BC (Mil 153/13H)</p>			



(f) Mil 233
27° 16' 17,31" E, 37° 31' 41,29" N

m a.s.l./b.s.l.	m b.s.	Remarks	Facies
1.61			
1		loss of sediment	cultural layers
0	0.66	Sl, brownish grey, with limestone fragments and ceramics, between 1.00-1.52 massive wall debris	
-1	1.66	fS-mS, dark brownish grey, rich in organic matter	regression
-2	1.86	gS, light grey, with marine fossils, ceramics and rounded limestone pebbles, burnt layer at 2.40	littoral
-3	2.58	S, with rounded ceramic and limestone pebbles	
-4	3.00	limestone debris	transgr.
-5	3.23	bedrock	bedrock, weathered
-6	3.72		

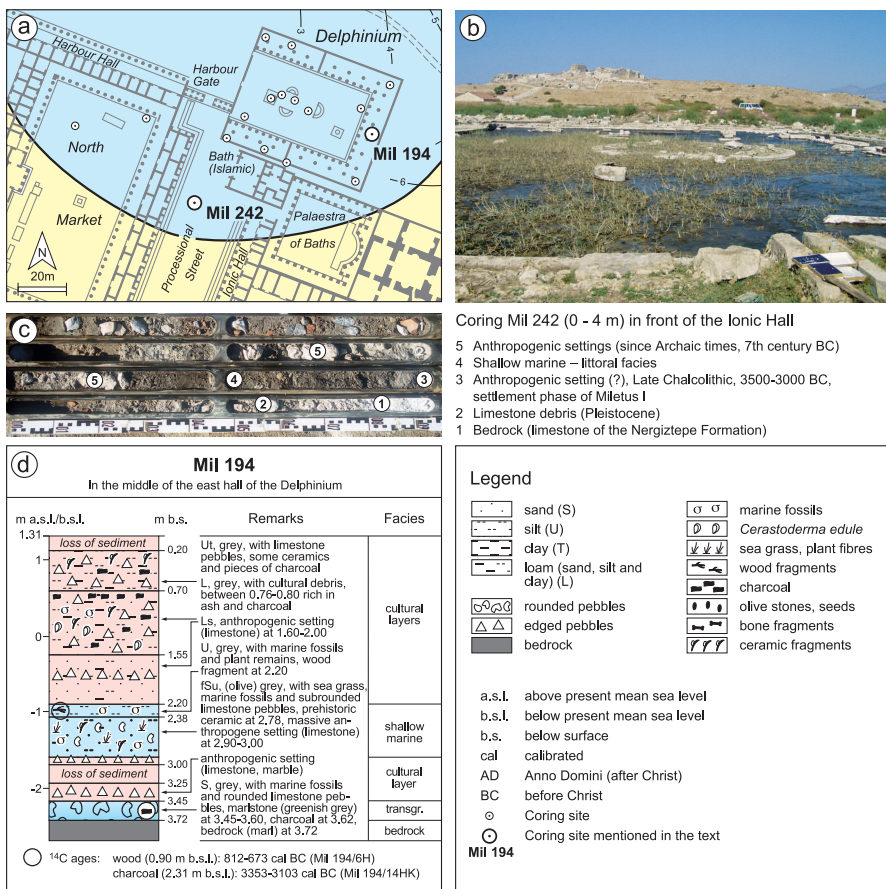


Figure 4: Environmental changes in Miletus, especially around the Delphinium. Source: Brückner et al. 2006: Fig. 4, modified. (a) Land/sea distribution at the peak of the Holocene transgression c. 2500 BC (projected on a section of Bendt's 1968 topographic map), with coring sites. (b) View from the east hall of the Delphinium via the Delphinium complex to Kale Tepe (hill in the background with the Byzantine Castle built on top of the Theatre). The photograph is taken from coring site MIL 194, looking NW. (c) Sediment core MIL 242 with photograph of the coring rods and with facies interpretation [length of each rod: 1 m; bottom of coring at 4 m b.s. (below surface) in the lower right corner]. (d) Details of coring MIL 194, with geology, dating results and facies interpretation.

Figure 3: (see page 88) Environmental changes in Miletus, especially around the Temple of Athena. Source: Brückner et al. 2006: Fig. 3. (a) The Milesian Archipelago during the peak of the Holocene marine transgression c. 2500 BC, i.e. during the settlement phase of Miletus II. Some of the many corings are shown with their characteristic facies profiles. Note the shape of the later Milesian Peninsula in the background; in many places its contours are parallel to the Archaic city wall. (b) Land/sea distribution during the Miletus II settlement phase (projected on a section of Bendt's 1968 topographic map), with coring sites. (c) Sediment core MIL 231 with photograph of the coring rods and with facies interpretation [length of each rod: 1 m; bottom of coring at 5 m b.s. (below surface) in the lower right corner]. (d) Details of core MIL 153, with geology, dating results and facies interpretation. (e) The so-called temple terrace is the rectangular building in the middle ground; the two persons are looking at Late Minoan Ia and Ib walls (1700-1450 BC, Miletus IV); in the foreground the area of corings MIL 231-233. (f) Details of coring MIL 233, with geology, dating results and facies interpretation. Legend for (d) and (f) in Fig. 4.

3.2 The sea, the rivers and man - why the environment of Ephesos and the Artemision changed dramatically during the past millennia

The progradation of several deltas – the one of the Küçük Menderes (ancient Kaystros or Cayster) being the biggest of the region – finally caused the silting up of the Gulf of Ephesos (in Roman times: Ephesus). This is evidenced by the fact that (i) the present hill Korudağ was known in antiquity as the Island of Syrie; (ii) two lakes at the northern flank of the Küçük Menderes graben are remnants of the former gulf; (iii) there are historical accounts about man’s strategies to fight siltation. The scenario of the delta progradation in space and time in Fig. 5 is based on our geoarchaeological research (Kraft et al. 1999, 2000, 2001, 2005, 2007, Brückner 2005, Brückner et al. 2008), including c. 200 vibracores that were sunken into the ground up to a maximum depth of 25 m.

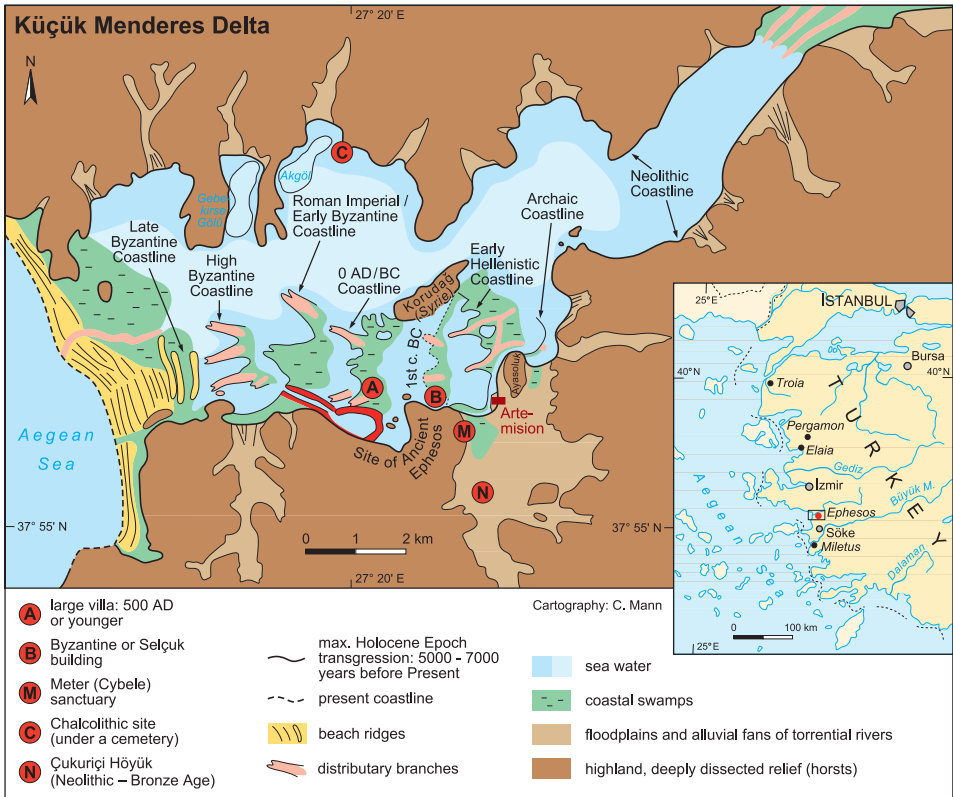


Figure 5: Scenario for the progradation of the Küçük Menderes (Kaystros) delta in space and time. Sources: Brückner 2005, Kraft et al. 2007.

The research design was the same as in the case of the Büyük Menderes (cf. Chapter 3.1). Therefore, the coastline positions are based on the merge of geological, archaeological and historical data. Interesting to note are the changes of the morphology of the shoreline: within the inner part of the gulf it was that of a delta with distributary branches, typical of a low energy non-tidal coast; this pattern changed to a higher energetic wave climate during Late Byzantine times when the delta reached the outer parts of the embayment with a longer fetch and the influence of the longshore current which caused the formation of beach ridges.

Research around Çukuriçi Höyük (Figs. 6a, b; location: N in Fig. 5) was dedicated to finding the earliest occupation phase of this mound (tell) and to study its connection with the sea. Dr. B. Horejs' excavation had shown that structures on its top are Bronze Age walls (Fig. 6a), while layers at its foot date from the Early Chalcolithic period, as demonstrated by a ^{14}C age of 6200-6000 BC (Horejs 2008). Coring EPH 204 (Fig. 6b; WGS 84: E 27° 21' 33.48420", N 37° 55' 45.53155"; altitude: 25.03 m a.s.l.) started from the level of the Early Chalcolithic settlement which was reached at the base of Trench N1 dug in 2006. EPH 204 brought to light yet another 3.75 m (!) of cultural layers, the lowermost of which contains, besides abundant charcoal and burnt bone fragments, ceramic fragments and two pieces of silex (retouched shaped as tools) dating to the Neolithic period. The anthropogenic layers cover an alluvial cone with paleosol at 21.45 m a.s.l. These results were confirmed by two more corings (EPH 214 and 215): the cultural layers below the Early Chalcolithic base of the excavation trench are also more than 3 m thick. In EPH 214, at 3.40 m b.s. (21.48 m a.s.l.), i.e. close to the contact with the underlying alluvial cone, a piece of charcoal dates to 6590-6470 cal BC (^{14}C). This is the first time that the Neolithic period is proven in the region of Ephesos. The massive stone setting at the base even hints to a Neolithic settlement (see also Horejs 2012).



(6a)



(6b)

Figure 6: Çukuriçi Höyük - the oldest settlement in the area of Ephesos. Its topographic position is noted in Fig. 5. (6a) Photograph of the top of the mound with unearthened Bronze Age structures. View towards the Magnesian Gate. (6b) Coring EPH 204 at the foot of the mound. View towards Selçuk.

Why did people settle at this very place during Neolithic to Bronze Age times? The alluvial cone below the earliest occupation layer is a product of the Marnas/Derbent river. Obviously, the Neolithic settlers chose this place because it was like a promontory with rivers on both sides which guaranteed access to freshwater, good hunting grounds and a certain protection. Since the base level is at about 21 m a.s.l., the mound did not have a direct contact with the sea. According to the available data the Bronze Age coastline was more than 1 km to the north (cf. Fig. 5). Its Neolithic position is still being debated; but around 6500 BC it was even further off the site than during the Bronze Age. Therefore, a near-by access to the sea may not have been of primary importance for the first settlers.

Another site of special interest is the Artemision (Fig. 7), the famous Temple of Artemis (Diana), one of the so-called Seven Wonders of the Ancient World. Fig. 7a shows two vibracoring sites in the middle of the Artemision complex. Both teams are just taking out the cores with special lifting devices. About 5 m below their feet is the Bronze Age shoreline (Fig. 7c). The pond in the foreground shows the position of the groundwater table and the former well-point system of the long-time excavator Anton Bammer. In the background, behind the stone garden, it is well visible that the ruins were buried under more than 5 m thick river sediments before they were discovered by J.T. Wood in 1869. The first building was erected at a former coast on substratum from the Selinus and Marnas/Derbent rivers, both tributaries to the Küçük Menderes. The geological profile shows the early Holocene transgression and regression of the sea with marine sands and silts. The coastal facies represents the peak of the transgression which was reached during the Bronze Age (cross section in Fig. 7c; its position is shown in Fig. 7d).

For many years the Artemision had been situated at the sea or nearshore, presumably with the so-called Sacred Harbour close-by, a safe haven for the sailors. With the prograding deltas of Selinus and Marnas/Derbent, later also of Klaseas and finally of the Cayster (Küçük Menderes), the harbour had to be shifted westwards. Fig. 7d shows potential harbour sites from the Bronze Age to the 1st century AD. The still debated location and extension of the first harbour is of interest, because of Herodotus' (1, 26) description from the 5th century BC. According to this literary source, the distance between the Artemision and the settlement of the legendary Androklos on Koressos Hill was 7 stades. It is unlikely that the author refers to a straight line as the crow flies (scenario A in Fig. 7d). Instead, it is more logical to follow the ancient shoreline (scenario B). However, how far south the extension of the marine embayment once reached is the focus of a new research project.

Corings within the city of Ephesos reveal that many parts of the later city were erected on formerly shallow marine and lagoonal strata (blue area in Fig. 8c). Under many of the ancient buildings and infrastructures (Olympieion, Church of Mary, Halls of Verulanus, Harbour Gymnasium, Arcadiane, etc.) marine and coastal sediments were discovered.

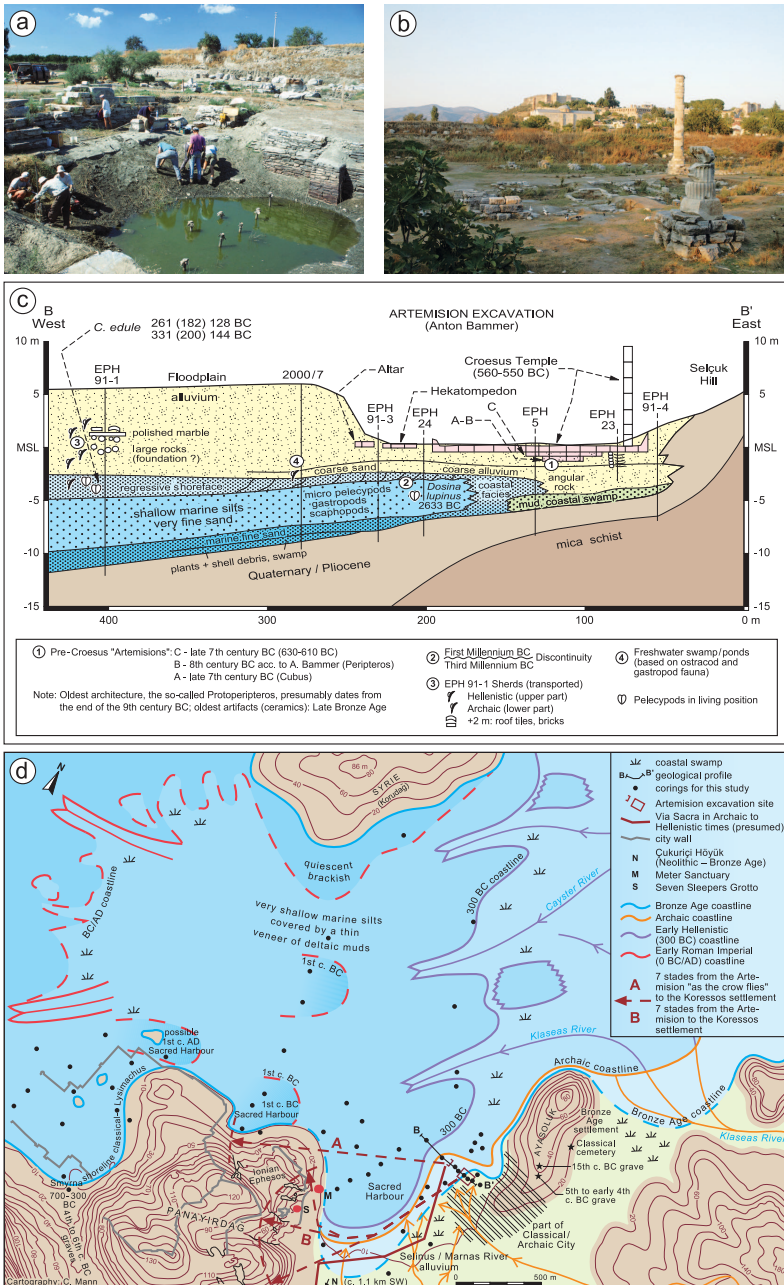


Figure 7: Geoarchaeological research of the Artemision Complex. Based on Kraft et al. 2007 and Brückner et al. 2008. (a) Coring in the middle of the excavation area. (b) View over the excavation area towards Ayasoluk (Selçuk) Hill. The column was erected in order to give an idea of the height of the famous Croesus Temple. (c) Geologic cross section of the excavation area (B - B'). It is interesting to note that the first buildings were erected on sediments of an alluvial fan close to the Bronze Age shoreline. (d) The Artemision site, the location of the geologic cross section B - B' shown in (c), and the shifts of the shoreline and of the so-called Sacred Harbour.

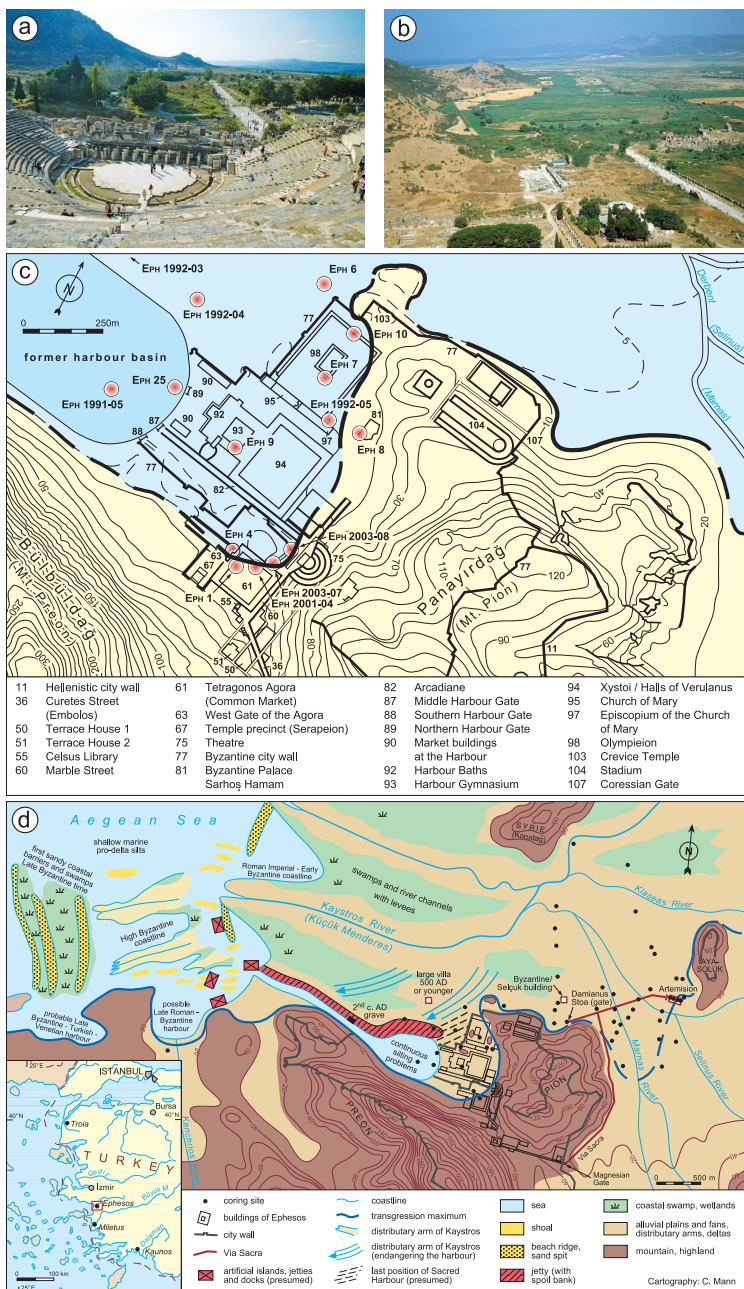


Figure 8: The sea under the city of Ephesos. Based on Kraft et al. 2007, and Brückner et al. 2008. (a) View from the Theatre towards the Aegean Sea with the Arcadiane, the prominent street that connected the Theatre with the harbour. (b) View of the meanwhile totally silted up harbour basin and the canal which was built in Roman time in order to maintain a continued access to the sea (green area in the middle ground). (c) Many areas of the city of Ephesos were built on formerly shallow marine and coastal strata. The blue area shows the maximum extension of the marine embayment. (d) Progradation of the Küçük Menders delta in Roman Imperial and Byzantine times.

The maximum extension of the shoreline can be traced, e.g., between the Byzantine Palace and the Episcopium of the Church of Mary or directly at the west gate of the Tetragonos Agora. It is only after sediments from the slopes (colluvium) and fluvial input (alluvium) had filled-up the marine embayment that the area could be used as settling ground and Ephesos could be shifted to this new position. Drill cores within the city also revealed that, especially in Roman times, a lot of material – including debris after earthquakes – was used for the consolidation of the terrain.

When people realized that they were losing their navigable access to the sea, they constructed a canal as an extension of the Roman Harbour; it is still well visible (Figs. 8b, d). Geophysical prospection revealed a necropoles flanking the canal on both sides. According to the latest excavations by M. Steskal they date from the 3rd to the 5th centuries AD. It is the aim of a new geoarchaeological project to learn more about this setting and about the presumed later harbours when the Roman harbour was no longer accessible by bigger ships.

3.3 Elaia - the harbour city of ancient Pergamon

While we have many years of research in Miletus und Ephesos, the studies in Elaia, the harbour city of Pergamon (Pergamum), started only in 2008 (Brückner & Seeliger 2009, Brückner et al. 2010, Seeliger et al. 2013). As in the other case studies, it is a major goal of our research in Elaia and its environs to decipher the spatial and temporal land/sea interactions during the late Holocene, in particular for the Hellenistic period (Fig. 9).



Figure 9: Elaia and the Closed Harbour. The satellite image (Quickbird 2, taken in 2008) shows the position of Elaia, the former harbour city of Pergamon, at the foot of Yuntdag, the areas of alluvial and coastal plain, coastal swamp, and sand spit. Noted are also the coring sites ELA 1 - ELA 20.

3.3.1 Tracing the transgression peak

So far, two geological transects helped to find the position of the farthest inland shoreline, and to reconstruct scenarios of the subsequent phases of shoreline migration. The *northern transect* between the city area of Elaia and Bozyer Hill comprises the of the corings ELA 2, 1, 3, 17, and 9 (cf. Fig. 9). While ELA 9 only encountered terrestrial and anthropogenic layers, all the others contain littoral and shallow marine strata. The transgression peak was traced close to ELA 3, with littoral facies at 2.12-0.67 m b.s.l. Sea grass (*Posidonia* sp.) is 2418-2009 cal BC years old (at 0.78 m b.s.l., sample ELA 3/12H). In order to narrow the time window, ELA 17 was cored close-by. Here the littoral facies is at 2.27-0.53 m b.s.l. *Posidonia* at 1.27 m b.s.l. dates to 2416-2017 cal BC (ELA 17/15H); a piece of charcoal at 0.71 m b.s.l., i.e. even closer to the top of this stratum, to 2129-1927 cal BC (sample ELA 17/14H). Therefore, the transgression peak of the northern transect ended around 2000 BC (Brückner & Seeliger 2009).

The *western transect* from the foot of Bozyer Tepe seawards comprises the corings ELA 11, 12, 14, 20, and 19 (Fig. 9). While ELA 19 penetrated exclusively terrestrial strata, all the other corings encountered littoral and in a couple of cases (ELA 11, 12, 14) even shallow marine facies. Being close to the transgression peak, coring ELA 20 is of special interest. The littoral sediments occur at 1.82-0.54 m b.s.l. Three samples of *Posidonia* from the lower part of the layer yielded ^{14}C -ages of 1733-1534 cal BC, 1112-790 cal BC, and 1101-786 cal BC (samples ELA 20/16SG at 1.79 m b.s.l., 20/15 at 1.60 m b.s.l., and 20/15SG at 1.50 m b.s.l., respectively). Thereafter, still about one meter of beach sediment was deposited. Most likely, the sea regressed from this area during the first half of the 1st millennium BC. This is supported by the relatively young age of a piece of wood, embedded in the beach sediments of coring ELA 14, situated about 50 m further seawards: it dates to 749-408 cal BC (sample ELA 14/10H2 at 1.62 m b.s.l.).

When comparing both transects, it is evident that the regression that followed the transgression peak deposited littoral sediments until around 2000 BC in the innermost part of the marine embayment close to the later city of Elaia (northern transect), and more than a thousand years later further to the west (western transect). The spatial extent of the regression can be seen on the aerial photograph in Fig. 9. That it is not as spectacular as in the cases of Miletus and Ephesos is due to the fact that no river debouches into the Aegean Sea at the site of Elaia. It is only much further to the west that the Kaikos meets the sea in the form of a delta. More geological transects are planned for achieving a higher resolution of the spatial and temporal pattern of the marine regression, and of its link to the settlement history of Elaia (see Seeliger et al. 2013).

The aerial photograph (Fig. 9) shows that in recent times a new transgression is taking place. This is evidenced by several drowned features, such as the sand spit to the south of

Elaia which obviously was once much more extended towards northwest, and drowned wall structures which could be identified as ruins of former salt works (Seeliger et al. 2011). Reasons for the modern transgression are: (i) the general sea level rise with an average of 15 cm during the last century and an ongoing, even accelerated trend; (ii) the sediment starvation of the coastal zone due to the negative accumulation/erosion budget (river sediment is trapped in the hinterland because of freshwater extraction and the building of reservoirs); (iii) compaction of the fine-grained sediments; (iv) possibly also co-seismic subsidence since the western Aegean coast of Turkey is subdued to subsidence tectonics.

3.3.2 History of the Closed Harbour

The seaward shift in the shoreline strongly affected the harbours of Elaia: the closed one and the open one. In the following, the first results of our investigation of the so-called Closed Harbour are presented (Brückner 2010). Two questions are of special interest: (i) When was it constructed? Literary sources and the architectural style of its moles hint to the Hellenistic epoch. (ii) How did the process of siltation proceed, and when was the harbour given up? The geoarchaeological approach helps to give answers (Figs. 9 - 11).

Coring ELA 13 inside the Closed Harbour clarifies the facial build-up and the chronology of the siltation process [location in Fig. 9; surface: 0.69 m a.s.l. (above present mean sea level), coring depth: 10 m below surface (b.s.)]. Fig. 11 shows the stratigraphy with granulometry, geochemical parameters, interpretation of facies and milieu of deposition. Since bedrock was not reached, the thickness of the harbour filling and the marine strata below are as yet unknown. This should be solved with geoelectric soundings. The basal layer of ELA 13 at 10 to 7 m b.s. shows well sorted dark greenish grey, strongly clayey silts. The fauna and high CaCO_3 values affirm a marine origin, while grain size and homogeneity indicate a low energy wave climate, which is typical of a sheltered marine embayment.

The construction of the two moles changed the environment from an open marine to a quasi-lagoonal one, since access to the sea was narrowed to an only 45 m wide entrance. This is sedimentologically and geochemically recorded at c. 7 m b.s. In this unit, which reaches up to 3.10 m b.s., the organic matter increases, with sea grass (*Posidonia* sp.) at 6.75 and 5.65 m b.s. The better growth of this kind of marine flora is stimulated by the environment in the harbour basin. The decline in CaCO_3 indicates less favourable conditions for the marine fauna, probably due to a deficit in oxygen and the formation of H_2S . A time estimate for the environmental change is given by a piece of wood at a depth of 6.75 m b.s. which dates to 391-209 cal BC (sample ELA 13/22H).

The lagoon-like milieu is documented by the occurrence of a characteristic fauna with the



(10a)

(10b)

Figure 10: The Closed Harbour of Elaia. (10a) View from the mole (stones in the foreground) over the silted-up harbour basin towards the area of the former city of Elaia (hill in the background). (10b) Coring inside the former harbour basin. The two persons are working with the vibracorer Cobra mk1 at site ELA 13. Stones of the mole are visible in the background.

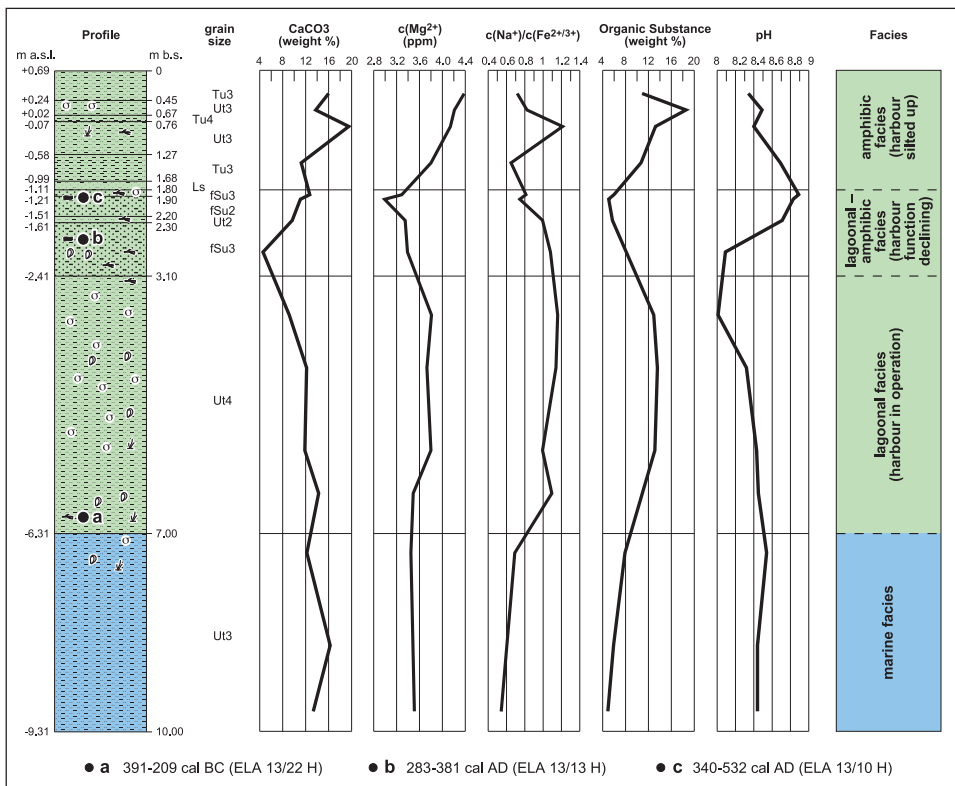


Figure 11: Coring ELA 13 revealing strata of the Closed Harbour of Elaia (with geological profile, granulometry, geochemistry, and facies interpretation). Source: Brückner et al. (2010).

mollusc bivalve *Cerastoderma glaucum* and specific gastropods. *C. glaucum* mainly lives on lagoon and shallow sea bottoms up to a water depth of 10 m. Since it is very tolerant to fluctuations of salinity, temperature and oxygen this bivalve is an indicator for lagoonal and shallow marine milieus (Poppe & Goto 2000). The reason why the granulometry of this unit does not significantly differ from that of the marine unit is the form of the Gulf of Elaia, the NE part of which hosts the harbour basin: this very sheltered embayment has always had a very low-energy wave climate.

The stratum from 3.10 to 1.80 m b.s. is a silty fine sand, into which a slightly clayey silt is intercalated at 2.20-2.30 m b.s. It is a transition facies sandwiched by the underlying lagoonal and the overlying littoral and colluvial strata. Two ^{14}C dates give an age estimate for the sedimentation process of the Closed Harbour: 283-381 cal AD (sample ELA 13/13SG, charcoal at 2.55 m b.s.) and 340-532 cal AD (ELA 13/10H, charcoal at 1.92 m b.s.). According to this chronology, harbour siltation must have started some time before 283-381 cal AD. This confirms the literary evidence that Elaia had lost its importance already during Roman times.

Low $c(\text{Na}^+)/c(\text{Fe}^{2+}/^{3+})$ ratios indicate an increased terrestrial influence, corresponding to a decreased marine one. Another confirmation is the drop in $c(\text{Mg}^{2+})$ values, which had only insignificantly changed during the marine and lagoonal phases. This fits well with the reduced CaCO_3 values which in turn correlate with low pH values.

The layer from 1.80 m up to the surface - greyish green clayey silts and silty clays - represents a silted up lagoon. The sedimentation milieu corresponds to the amphibic conditions in the former harbour basin. Depending on tides, storms and the effect of onshore winds the former harbour basin is flooded by the sea; however, occasionally it nearly runs dry. These fluctuations are reflected by the variations of the CaCO_3 value and the $c(\text{Na}^+)/c(\text{Fe}^{2+}/^{3+})$ ratio.

Summarising, we can state that the stratigraphy of coring profile ELA 13 reveals four units: Unit 1, a marine facies (up to c. 7 m b.s.), is that of a sheltered marine embayment. The construction of the harbour mole, probably within the timeframe of 391-209 cal BC, separated the harbour basin from the open sea, thus triggering the deposition of unit 2, a lagoon-like facies (7-3.10 m b.s.). The harbour was in operation in Hellenistic and Roman times. Unit 3 (3.10-1.80 m b.s.) reflects the siltation process and the decline of the harbour; it seems to have started before 283-381 cal AD. The sediments are coarser than in unit 2. Unit 4, an amphibic facies, starts at 1.80 m b.s.; since 340-532 cal AD the sedimentary milieu has been similar to the one of today.

Coring ELA 18 at the seaward side of the harbour mole was carried out in order to decipher its architecture and history (location in Fig. 9). Due to coring evidence the stone settings of the mole basement reach up to 1.83 m b.s. (0.78 m b.s.l.). The following strata (up to

1.36 m b.s., 0.31 m b.s.l.) are composed of shallow marine silty sand, topped by laminated layers. The late Classical-Hellenistic age of the mole (Pirson 2007) is supported by the age of 391-209 cal BC (sample ELA 13/22H) - the time of the change from a marine to a lagoonal facies inside the harbour basin (coring ELA 13, see above). The determination of diagnostic ceramic finds unearthed in ELA 18 from 3.00 to 1.80 m b.s. (1.95-0.78 m b.s.l.) may help to better reveal the definite age of the moles.

4 Conclusion

Considerable landscape changes at the coasts of western Turkey were caused by the marine transgression in the course of the global warming after the Last Glacial Maximum, when sea level rose rapidly from c. -120 m nearly to its present level, roughly between 15 and 7 ka BP; this created marine embayments and indentations that reached far inland. The following major change was caused by the progradation of deltas, shifting the coastline in several areas for many kilometres seawards. This is exemplified with geomorphological and geoarchaeological criteria for the delta regions of the Büyük Menderes (the former *Maiaandros*) with Miletus as the most prominent ancient city, and the Küçük Menderes (*Kaystros*) with Ephesos; the third example is Elaia, the former harbour city of Pergamon. In low-lying regions like deltas and coastal plains vibracoring is the best tool to decipher the subsurface stratigraphy. With granulometric, geochemical and microfaunistic analyses, the different milieus of deposition were detected. The chronology of events is based on dating results with ¹⁴C and diagnostic ceramics. New scenarios for the progradation of the Büyük and the Küçük Menderes deltas in space and time were established. A special focus was dedicated to the environmental changes around the ancient cities of Miletus and Ephesos, and of the Artemision site. As for Elaia, the emphasis was on the detection of the maximum inland shoreline and on the history of the so-called Closed Harbour.

Acknowledgements

We thank the directors of the excavations of Miletus (Prof. Dr. V. von Graeve), Ephesos (PD Dr. S. Ladstätter), and Pergamon (PD Dr. F. Pirson) for all support of our research. We also express our gratitude to the Turkish authorities for granting the working permits. Research was made possible by generous funding by the German Research Foundation (DFG), the German Archaeological Institute (DAI), the Austrian Archaeological Institute (ÖAI), and the Gerda Henkel Foundation, Düsseldorf.

References

- Bendt, W. (1968): Topographische Karte von Milet, M 1:2.000. Erläuternder Text. — Milet II 4; Berlin.
- Brückner, H. (2003): Delta evolution and culture - aspects of geoarchaeological research in Miletos and Priene. — In: Wagner, G.A., Pernicka, E. & Uerpmann, H.P. (eds.): Troia and the Troad. Scientific approaches: 121-144. Berlin, Heidelberg, New York.
- Brückner, H. (2005): Holocene shoreline displacements and their consequences for human societies: the example of Ephesos in Western Turkey. — Zeitschrift f. Geomorphologie N. F., Suppl.-Vol. 137: 11-22.
- Brückner, H. (2011): Geoarchäologie - in Forschung und Lehre. — Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle (Saale) 6: 9-20.
- Brückner, H. & Gerlach, R. (2011): Geoarchäologie - von der Vergangenheit in die Zukunft. — In: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. & Reuber, P. (eds., 2011): Geographie — Physische Geographie und Humangeographie. 2: 1179-1186. Heidelberg.
- Brückner, H., Müllenhoff, M., Handl, M. & van der Borg, K. (2002): Holocene landscape evolution of the Büyük Menderes alluvial plain in the environs of Myous and Priene (Western Anatolia, Turkey). — Zeitschrift für Geomorphologie N. F., Suppl.-Vol. 127: 47-65.
- Brückner, H., Müllenhoff, M., van der Borg, K. & Vött, A. (2004): Holocene coastal evolution of western Anatolia - the interplay between natural factors and human impact. — In: CIESM (Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée): Human records of recent geological evolution in the Mediterranean Basin - historical and archaeological evidence (Santorini, Greece, 22-25 October 2003). — CIESM Workshop Monographs 24: 51-56.
- Brückner, H., Müllenhoff, M., Gehrels, R., Herda, A., Knipping, M. & Vött, A. (2006): From archipelago to floodplain – geographical and ecological changes in Miletus and its environs during the past six millennia (Western Anatolia, Turkey). — Zeitschrift f. Geomorphologie N. F., Suppl.-Vol. 142: 63-83.
- Brückner, H., Kelterbaum, D., Marunchak, O., Porotov, A. & Vött, A. (2010): The Holocene sea level story since 7500 BP – lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas. — Quaternary International 225/2: 160-179.
- Brückner, H., Kraft, J.C. & Kayan, I. (2008): Vom Meer umspült, vom Fluss begraben – zur

Paläogeographie des Artemisions. — In: Muss, U. (ed.): Die Archäologie der ephesischen Artemis. Gestalt und Ritual eines Heiligtums: 21-31; Wien.

Brückner, H. & Seeliger, M. (2009): Geoarchäologische Untersuchungen. — In: Pirson, F. (ed.): Pergamon – Bericht über die Arbeiten in der Kampagne 2008. – Archäologischer Anzeiger 2009/2: 194-199.

Brückner, H., Seeliger, M. & Knipping, M. (2010): Geoarchäologische Untersuchungen in der Bucht von Elaia. — Archäologischer Anzeiger 2010/2: 208-219.

Brückner, H. & Vött, A. (2008): Geoarchäologie – eine interdisziplinäre Wissenschaft par excellence. — In: Kulke, E. & Popp, H. (eds.): Umgang mit Risiken. Katastrophen - Destabilisierung - Sicherheit. Tagungsband Deutscher Geographentag 2007 Bayreuth: 181-202.

Brückner, H., Vött, A., Schriever, M. & Handl, M. (2005): Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean - case studies in their historical context. — Méditerranée, 1-2/2005: 95-106.

Handl, M., Mostafawi, N. & Brückner, H. (1999): Ostracodenforschung als Werkzeug der Paläogeographie. — Marburger Geographische Schriften 134: 116-153; Marburg.

Herda, A. (2005): Apollon Delphinios, das Prytaneion und die Agora von Milet. Neue Forschungen. — Archäologischer Anzeiger 2005: 243-294.

Brückner, H., Herda, A., Müllenhoff, M., Rabbel, W. & Stümpel, H. (accepted): Of the lion and other harbours in Miletos: Historical, archaeological, sedimentological, and geophysical investigations. — Proceedings of the Danish Institute at Athens (PDIA).

Horejs, B. (2008): Çukuriçi Höyük. A New Excavation Project in the Eastern Aegean. 4 Feb. 2008. Aegeo-Balkan Prehistory; http://www.aegeobalkanprehistory.net/article.php?id_art=9 (26 Apr. 2013).

Horejs, B. (2012): Çukuriçi Höyük. A Neolithic and Bronze Age Settlement in the Region of Ephesos. — In: Özdoğan, M., Kuniholm, P. & Başgelen, N. (eds.): The Neolithic in Turkey. New Excavations & New Research. Western Turkey (İstanbul 2012) 117-131.

Kraft, J.C., Brückner, H. & Kayan, I. (1999): Paleogeographies of ancient coastal environments in the environs of the Feigengarten excavation and the “Via(e) Sacra(e)” to the Artemision at Ephesos. — In: Scherrer, P., Taeuber, H. & Thür, H. (eds.): Steine und Wege. Festschrift für Dieter Knibbe zum 65. Geburtstag. Österreichisches Archäologisches Institut, Sonderschriften Bd. 32: 91-100; Wien.

Kraft, J.C., Brückner, H. & Kayan, I. (2005): The sea under the city of ancient Ephesos. — In: Brandt, B., Gassner, V. & Ladstätter, S. (eds.): *Synergia. Festschrift F. Krinzing* 1: 147-156 (Phoibos Verlag); Wien.

Kraft, J.C., Brückner, H., Kayan, I. & Engelmann, H. (2007): The geographies of ancient Ephesos and the Artemision in Anatolia. — *Geoarchaeology*, 22 (1): 121-149.

Kraft, J.C., Kayan, I. & Brückner, H. (2001): The geological and paleogeographical environs of the Artemision. — In: Muss, U. (ed.): *Der Kosmos der Artemis von Ephesos*. – Österreichisches Archäologisches Institut, Sonderschriften, 37: 123-133; Wien.

Kraft, J.C., Kayan, I., Brückner, H. & Rapp, G. (2000): A geological analysis of ancient landscapes and the harbors of Ephesos and the Artemision in Anatolia. — *Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Institutes*, 69: 175-232; Wien.

Müllenhoff, M. (2005): Geoarchäologische, sedimentologische und morphodynamische Untersuchungen im Mündungsgebiet des Büyük Menderes (Mäander), Westtürkei. — *Marburger Geographische Schriften* 141, 282 pp. + CD; Marburg.

Müllenhoff, M., Herda, A. & Brückner, H. (2009): Geoarchaeology in the city of Thales. Deciphering palaeogeographic changes in the Agora area of Miletus. — In: Mattern, T. & Vött, A. (eds.): *Mensch und Umwelt im Spiegel der Zeit. Aspekte geoarchäologischer Forschungen im östlichen Mittelmeergebiet*. — *Philippika. Marburger Altertumskundliche Abhandlungen*, 1: 97-110; Wiesbaden.

Niemeier, W.-D. (2007): Milet von den Anfängen menschlicher Besiedlung bis zur Ionischen Wanderung. — In: Cobet, J., von Graeve, V., Niemeier, W.D. & Zimmermann, K. (eds.): *Frühes Ionien. Eine Bestandsaufnahme. Panionion-Symposium, Güzelçamlı 1999. Milesische Forschungen*, 5: 3-20.

Parzinger, H. (1989): Zur frühesten Besiedlung Milets. — *Istanbuler Mitteilungen* 39: 415-432. Istanbul.

Pirson, F. (2007): Pergamon – Bericht über die Arbeiten in der Kampagne 2006. — *Archäologischer Anzeiger* 2007/2: 47-58.

Poppe, G. & Goto, Y. (2000): *European Seashells. Volume II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. — 221 pp.; Wiesbaden (unchanged reprint of the first edition, 1993).

Seeliger, M., Bartz, M. & Brückner, H. (2011): Mauern im Meer - Geoarchäologische Un-

tersuchungen in der Bucht von Elaia. – In: Pirson, F. (ed.): Pergamon - Bericht über die Arbeiten in der Kampagne 2010. — Archäologischer Anzeiger, 2011/2: 175-185.

Seeliger, M., Brückner, H., Bartz, M., Erkul, E., Feuser, S., Kelterbaum, D., Klein, C., Pirson, F. & Vött, A. (2013): Taken from the sea, reclaimed by the sea - the fate of the closed harbour of Elaia, the maritime satellite city of Pergamum (Turkey). – Quaternary International (In Press).

Vött, A. & Brückner, H. (2006): Versunkene Häfen im Mittelmeerraum. Antike Küstenstädte als Archive für die geoarchäologische Forschung. — Geographische Rundschau, 58 (4): 12-21; Braunschweig.

Vött, A., Handl, M. & Brückner, H. (2002): Rekonstruktion holozäner Umweltbedingungen in Akarnanien (Nordwestgriechenland) mittels Diskriminanzanalyse von geochemischen Daten. — Geologica et Palaeontologica, 36: 123-147.

Adressen

Dr. Eberhard Bönisch

Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologisches Landemuseum
Außenstelle Braunkohlenarchäologie
Altnauer Straße 5
D-03205 Calau

Prof. Dr. Helmut Brückner

Geographisches Institut, Universität zu Köln
Albertus-Magnus-Platz
D-50923 Köln

Prof. Dr. Detlev Dähnert

Vattenfall Europe Mining AG
Abt. Rekultivierung / Landschaftsgestaltung
Vom-Stein-Straße 39
D-03050 Cottbus

Dr. Werner Gerwin

Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und
Bergbaulandschaften
Konrad-Wachsmann-Allee 6
03046 Cottbus

Dr. Susanne Jahns

Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologisches Landemuseum
Wünsdorfer Platz 4-5
D-15806 Zossen OT Wünsdorf

Gerald Kendzia

Vattenfall Europe Mining AG
Vom-Stein-Straße 39
03050 Cottbus

Dr. Alexandra Raab

Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und
Bergbaulandschaften
Konrad-Wachsmann-Allee 6
D-03046 Cottbus

Prof. Dr. Thomas Raab

Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl für Geopedologie und
Landschaftsentwicklung
Konrad-Wachsmann-Allee 6
D-03046 Cottbus

Prof. Dr. Michael M. Rind

Landschaftsverband Westfalen - Archäologie
An den Speichern 7
D-48157 Münster

Prof. Dr. Franz Schopper

Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologisches Landemuseum
Wünsdorfer Platz 4-5
D-15806 Zossen OT Wünsdorf

Doris Wüstenhagen

Vattenfall Europe Mining AG
Vom-Stein-Straße 39
03050 Cottbus